

Aus dem Veterinärphysiologischen Institut
der Justus Liebig-Universität zu Gießen
Direktor: Professor Dr. H. Eder

**Bewegungsanalyse beim Pferd
und Untersuchung der Trainingseinwirkung auf
den Bewegungsablauf im Schritt und im Trab**

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung des Doktorgrades
bei der Veterinärmedizinischen Fakultät
der Justus Liebig-Universität zu Gießen

Eingereicht von
Hermann Gustav Schwarz
Tierarzt aus Stuttgart

Gießen 1971

Aus dem Veterinärphysiologischen Institut
der Justus Liebig-Universität zu Gießen
Direktor: Professor Dr. H. Eder

**Bewegungsanalyse beim Pferd
und Untersuchung der Trainingseinwirkung auf
den Bewegungsablauf im Schritt und im Trab**

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
bei der Veterinärmedizinischen Fakultät
der Justus Liebig-Universität zu Gießen

Eingereicht von
Hermann Gustav Schwarz
Tierarzt aus Stuttgart

Gießen 1971

Mit Genehmigung der Veterinärmedizinischen Fakultät in Gießen

Dekan: Prof. Dr. G. Lämmler

Berichterstatter: Prof. Dr. Dr. h.c. V. Horn

Tag der mündlichen Prüfung: 8. Dezember 1971



Meiner lieben, verehrten Mutter

in Dankbarkeit

gewidmet

INHALTSVERZEICHNIS

Seite

1. EINLEITUNG	1
2. LITERATURÜBERSICHT	3
3. EIGENE UNTERSUCHUNGEN	8
3.1 Versuchstiere	8
3.2 Versuchsanordnung	9
3.3 Auswertung der Filme	12
3.4 Terminologie	14
3.5 Bearbeitung der Meßwerte	15
3.6 Ergebnisse	17
3.6.1 Schrittanalyse zu Beginn der Ausbildung	17
3.6.2 Trabanalyse zu Beginn der Ausbildung	21
3.6.3 Einfluß des Trainings auf den Bewegungsablauf im Schritt	24
3.6.4 Einfluß des Trainings auf den Bewegungsablauf im starken Trab	35
3.6.5 Untersuchung der Abhängigkeit der Trittweite von der Schwebedauer	42
4. DISKUSSION DER ERGEBNISSE	46
5. ZUSAMMENFASSUNG	57
6. LITERATURVERZEICHNIS	59

1. EINLEITUNG

Die bisherigen Untersuchungen auf dem Gebiet der Bewegungsphysiologie unserer vierfüßigen Haustiere befaßten sich hauptsächlich mit der Klärung der Fußfolge, die jede einzelne Gangart charakterisiert. Erst mit Hilfe der modernen Kinematographie als Untersuchungstechnik wurde die exakte Analyse der Bewegungsabläufe möglich. Derartige Untersuchungen sind bisher beim Hund (HORN 1956, BRANDENBURG 1957, KOSUBEK 1962, AHL 1962 und LARCHÉ 1962) und beim Pony (MAENICKE 1961 und GENIESER 1962) durchgeführt worden.

Die Tierzüchter interessierten sich für Teilgebiete der Bewegungsphysiologie wie der Schrittlängenmessung, der Schrittfrequenzermittlung und der Bestimmung der Bewegungsleistung, die sie zu tierzüchterischen Kriterien in Beziehung setzten. Ähnliches geschah in der Arbeitsphysiologie.

Bewegungsphysiologische Untersuchungen beim Pferd gewinnen heute mit zunehmender Ausweitung der Trainingsforschung an Bedeutung. Die Trainingsforschung am Menschen führte auch im Pferdesport zu dem Wunsch nach wissenschaftlich fundiertem Training. Der zu diesem Zweck heute betriebenen Trainingsforschung fehlen jedoch noch bewegungsphysiologische Grundlagen in Form von genauen Untersuchungen des unbeflußten, natürlichen Bewegungsablaufes beim Pferd. Auch Untersuchungen während der Ausbildung sind notwendig, um die Veränderungen im Bewegungsablauf zu erfassen und aus der Art und Stärke der Anpassung an geforderte Leistungen genauere Kenntnisse über die Ökonomisierung des Bewegungsablaufes zu erhalten. Solche Erkenntnisse über den natürlichen Bewegungsablauf und das bewegungsphysiologische Verhalten des Individuums in der Frühphase der Ausbildung dienen nicht allein der Trainingsforschung am Leistungspferd, sondern können schon zur Auswahl geeigneter Jungtiere für den Leistungssport und weiterhin zur Auswahl geeigneter Tiere für die Zucht mit herangezogen werden.

Auf Grund dieser Überlegungen ist es das Ziel der vorliegenden Arbeit die Kenntnis über den natürlichen Bewegungsablauf des Pferdes im

Schritt und Trab zu erweitern und die bewegungsphysiologischen Auswirkungen des Trainings in der Frühphase der Ausbildung zu untersuchen.

2. LITERATURÜBERSICHT

Alle Untersuchungen der Bewegungen von Mensch und Tier waren bis ins 17. Jahrhundert abhängig von der Beobachtungsgabe des Untersuchers. BORELLI (1679) war der erste, der mit Hilfe von Gesetzen der Mechanik und Statik versuchte, die menschlichen und tierischen Bewegungen zu erfassen. Ihm folgte BOURGELAT (1766) mit Angaben über Weiten in den einzelnen Gangarten des Pferdes. Seine Ergebnisse beruhten auf eigenen, vorwiegend anatomischen Untersuchungen.

1823 veröffentlichte von HOCHSTETTER, gestützt auf sehr genaue eigene Beobachtungen, Ergebnisse über die Fußfolgen innerhalb der einzelnen Gangarten beim Pferd, auch der schwerer zu erfassenden Gangarten Schritt und Galopp. Er stellte fest, daß jede Gangart eine bestimmte Ordnung in der Aufeinanderfolge der Gliedmaßen hatte, und fand Beziehungen zwischen den Weiten in den einzelnen Gangarten und bestimmten Körpermaßen. Diese Weiten gab er in den Körpermaßen an. Friedrich und Karl GÜNTHER (1859) beobachteten den Bewegungsablauf nicht von der Seite, sondern in der Bewegungsrichtung und beschrieben alle Regel- und Unregelmäßigkeiten aus dieser Beobachtungsposition heraus. Wie von HOCHSTETTER, beschrieben auch sie die Bewegungen der einzelnen Gliedmaßen, ohne sich jedoch, im Gegensatz zu von HOCHSTETTER, für das Zusammenspiel der Gliedmaßen zu interessieren.

Diese Beobachtungen und die darauf begründeten Erkenntnisse konnten aber die Meinungsverschiedenheiten, vor allem über den Schritt und den Galopp nicht beheben. Das Problem damaliger Untersuchungen war die mangelhafte Untersuchungstechnik, die allein auf der Beobachtungsgabe des Untersuchers beruhte. Diese zur Registrierung von Einzelheiten unzulängliche Technik lieferte Ergebnisse, die subjektiv geprägt waren und nicht belegt werden konnten. Erste Versuche die Untersuchungen zu objektivieren bestanden darin, daß ELLENBERGER verschieden geformte Hufeisen an den Hufen der einzelnen Gliedmaßen befestigen ließ und das Spurenbild vermaß.

Einen neuen Abschnitt in der Bewegungsanalyse leitete MAREY (1873) mit seinem "Graphischen Verfahren" ein. Er befestigte zwischen den Schenkeln eines jeden Hufeisens ein Gummibällchen, das über die Ebene der Hufeisenschenkel nach unten herausragte. Später wurden diese Druckelemente an den Metacarpi und Metatarsi befestigt. Die Spannung der Beugesehnen beim Fußen der einzelnen Gliedmaßen betätigte dort das Gummibällchen. Diese Gummibällchen wurden durch Druckschläuche mit dem sogenannten "Marey-schen Zeiger- und Trommelsystem" verbunden, das der Reiter in der Hand hielt. Durch Fußen eines so ausgerüsteten Hufes stieg der Druck im Bällchen-Schlauch-System. Dieser Druck betätigte einen Zeiger, der auf einer gleichmäßig rotierenden Walze eine Kurve schrieb. MAREY konnte mit den so erhaltenen Kurven seine Ergebnisse über die Fußungskonstellationen eindrucksvoll beweisen. BARRIER (1889) verbesserte Marey's Untersuchungssystem, indem er Gummibällchen und Schläuche durch elektrische Kontakte und Leitungen ersetzte.

Die Möglichkeit zu genaueren Untersuchungen wurde den Forschern erst durch die Photographie gegeben, deren Ergebnisse außerdem durch Dokumente belegt werden konnten. MUYBRIDGE (1885) wendete sie als erster an. Entlang einer Vorführbahn stellte er 24 Photoapparate auf, die durch elektrische Schaltungen in gleichen zeitlichen Abständen ausgelöst wurden. Den Hintergrund hatte er in kleine Felder bestimmter Größe eingeteilt. Da er aber die perspektivische Verzerrung außer acht ließ, sind seine so gewonnenen Entfernungsangaben nicht ohne weiteres verwertbar. ANSCHÜTZ (1885) bediente sich mit seinen Serienaufnahmen einer ganz ähnlichen Methode. Die von MUYBRIDGE und von ANSCHÜTZ aus ihrem Filmmaterial hergestellten Bilderserien klärten manche Streitfrage der Hippologen und Bewegungsphysiologen über Einzelheiten des Bewegungsablaufs, wie z. B. das Vorhandensein und die Reihenfolge der Fußungskonstellationen im Schritt, das Vorkommen einer Schwebephase im Trab und die Reihenfolge der einzelnen Fußungskonstellationen im Galopp.

Mit Hilfe der "Chronophotographischen Methode mit fester Platte" untersuchte MAREY (1879) die Bewegungen der einzelnen Gliedmaßen des Menschen und des Pferdes. Er nahm auf eine photographische Platte mehrere, in gleichen Zeitabständen folgende Bilder auf und erhielt dadurch Aufschluß über die Bewegungskurven der von ihm näherungsweise bestimmten Drehpunkte der einzelnen Gelenke der Gliedmaßen. Mit dem Bewegungsgeschehen der einzelnen Gliedmaße befaßte sich auch WALTER (1925), indem er das Filmmaterial von SCHMALTZ (1922) bezüglich dieser Fragestellung auswertete. Auf Grund seiner Untersuchungen teilte er die Bewegung der Gliedmaße gemäß ihres jeweiligen Funktionszustandes in eine Fußungs-, Stütz-, Stemm- und Abhebe-Phase ein. 1882 wandte sich MAREY mit seiner "Chronophotographischen Methode mit mehreren Platten" der Untersuchung der Gesamtbewegung zu. Zuerst verwendete er lichtempfindliches Material auf einer rotierenden Scheibe, dann auf Papierstreifen und schließlich auf Zelluloidstreifen.

In dem Bestreben objektive und genauere Untersuchungstechniken zu erarbeiten, leisteten die zuletzt genannten Untersucher einen erheblichen Beitrag zur Entwicklung der Kinematographie. 1894 gelang es Lumière den ersten brauchbaren Kinematographen herzustellen. Diese technische Entwicklung war die Voraussetzung für einen ganz neuen Abschnitt in der Bewegungsphysiologie. Die Kinematographie gestattete eine wesentlich genauere Analyse der Bewegungen, da durch dieses Verfahren der zeitliche Abstand zwischen zwei Aufnahmen erheblich kleiner wurde. KELLER (1917) wandte diese technische Neuerung zum ersten Male an. Er stellte eine Kamera auf einer Drehscheibe auf. Durch eine starre Verbindung der Drehscheibe zum Pferd drehte dieses, indem es sich im Kreis um die Drehscheibe bewegte, die Kamera mit und hielt sie somit immer im rechten Winkel zu seiner Bewegungsachse. Die Entfernung zwischen Kamera und Objekt blieb konstant. So entstand der sogenannte "Sascha-Film". Den Vorteil seines Verfahrens sah KELLER im Zeitlupeneffekt. Seine Aufnahmegeschwindigkeit lag zwischen 32 und 50 Bildern pro Sekunde. Die Laufgeschwindigkeit seines Projektors betrug

16 Bilder pro Sekunde. Allerdings bewegte sich bei dieser Aufnahmetechnik das Pferd nicht auf einer Geraden, sondern auf einem Kreisbogen. SCHMALTZ (1922) übernahm das KELLER'sche Aufnahmeverfahren. Aus dem gewonnenen Filmmaterial, dem sogenannten 'Kühnemann-Film', ließ er ähnlich wie MUYBRIDGE und ANSCHÜTZ Bilderserien herstellen und wertete diese aus. Angaben über die Aufnahmefrequenz machte er nicht. Seine Ergebnisse verwirrten, da sie früher Erkanntes zu widerlegen schienen. Der Grund dieser Verwirrung liegt darin, daß er für seine Untersuchungen Pferde verwandte, die eine längere Ausbildung unter dem Reiter hinter sich hatten, möglicherweise in einem Tattersall Verwendung fanden, und somit nicht unbedingt mehr einen natürlichen und unbeeinflussten Bewegungsablauf zeigten. Die Art des Vorreitens spielte hierbei sicherlich auch eine große Rolle. Unter Verwendung des SCHMALTZ'schen und eigenen Materials gab KRÜGER (1958) eine genaue und umfassende Beschreibung der Bewegungsarten des Pferdes, wobei er die Ergebnisse von SCHMALTZ korrigierte und die von früheren Autoren erhobenen Befunde bestätigte.

Eine ganz andere Methode zur Erfassung des Bewegungsgeschehens wurde von W. und E. WEBER (1836) beim Menschen angewandt. Sie ließen ihre Versuchspersonen auf einer abgemessenen Strecke gehen, zählten die Schritte und stoppten die gebrauchte Zeit. Auf diese Weise erhielten sie räumliche und zeitliche Werte - allerdings nur Mittelwerte - über den Bewegungsablauf. Diese sogenannte "Indirekte Methode" machten sich vor allem Tierzüchter zu Nutze, indem sie Körpermaße, -winkel und äußere Einflüsse erfaßten und Beziehungen zur Bewegungsleistung suchten. Es seien hier die Arbeiten von KRYNITZ (1911), MAGERL (1911), BANTOIU (1922), GUTSCHE (1922), STRATUL (1922), RADESCU (1923), GORENIUC (1924), NICULESCU (1924), KRONACHER und OGRIZEK (1923) und DUSEK, EHRLEIN, v. ENGELHARDT und HÖRNICKE (1970) genannt.

Die genannten Methoden zur Bewegungsanalyse beschränken sich darauf, die Bewegungen entweder in zeitlicher Hinsicht zu analysieren

(Kinematographische Methode) oder mit räumlichen und zeitlichen Mittelwerten (Indirekte Methode) zu arbeiten. Es ist nun MAENNICKE (1961) mit seiner Methode der "Projektiven Netze" gelungen neben der zeitlichen auch räumliche Bewegungsanalysen anhand von Filmaufnahmen durchzuführen, wobei jede einzelne Bewegungsphase zeitlich und räumlich erfaßt werden kann. Er untersuchte das Bewegungsgeschehen beim Pony in den Gangarten Schritt, Trab und Galopp. Genaue Angaben über die Dauer der einzelnen Fußungskonstellationen in allen drei Gangarten und die Abhängigkeit der Bewegungslängen und -frequenzen von der erreichten Geschwindigkeit und dem Trainingszustand des einzelnen Tieres sind die Ergebnisse dieser Untersuchungen.

3. EIGENE UNTERSUCHUNGEN

3.1 Versuchstiere:

Für meine Untersuchungen standen mir 8 hannoversche Junghengste der Hengstprüfungsanstalt Westercelle zur Verfügung, die zu Beginn meiner Untersuchungen zweieinhalbjährig waren. Die Junghengste wurden in Westercelle 1 Jahr lang ausgebildet. Am Ende dieses Ausbildungs- und Trainingsjahres erfolgte eine Prüfung, deren Ergebnis mit über die Verwendung der einzelnen Hengste als Vätertiere bestimmte.

Der nachfolgende Auszug aus der 1969 gültigen Prüfungsordnung des Landgestütes Celle soll die Anforderungen aufzeigen und gleichzeitig Zweck und Ziel dieses Ausbildungsjahres veranschaulichen:

A. 2000 m Trab im Traberwagen. Bewertung der Zeit gemäß Leistungsprüfungsordnung des Hauptverbandes für Zucht und Prüfung deutscher Pferde e.V. (LPO), Feststellung der Trittlänge.

1000 m Schritt im Traberwagen. Bewertung der Zeit gemäß LPO, Feststellung der Schrittlänge.

B. Prüfung unter dem Reiter: Geländerritt 6 km mit 12 festen Hindernissen. Bewertung nach Fehlern und Zeit gemäß LPO.
Jagdgalopp 2000 m im sofortigen Anschluß an die Geländeproofung. Bewertung nach Zeit gemäß LPO und Feststellung der Länge des Galoppsprunges.

C. Prüfung vor dem Zugschlitten 1000 m mit 120 kg Zugwiderstand mit einem Halt von 3 sec und anschließendem Wiederauffahren.
Bewertung gemäß LPO mit Feststellung der Schrittlänge.

D. Tierärztliche Verfassungsprüfung.

Die untersuchten Hengste wurden nach dieser Prüfungsordnung geprüft.

An dieser Stelle möchte ich Herrn Landstallmeister Dr. Freiherr von Stenglin freundlichst dafür danken, daß ich in Westercelle arbeiten durfte. Dem Leiter der Hengstprüfungsanstalt Westercelle, Herrn Obersattelmeister Lopp, danke ich für die bereitwillige Unterstützung und das Eingehen auf meine Vorstellungen und Wünsche.

3.2 Versuchsanordnung:

Vom Bewegungsablauf der Junghengste wurden Filmaufnahmen (16 mm) mit einer Aufnahmegeschwindigkeit von 48 Bildern pro Sekunde gemacht. Der Antrieb der Kamera (Arriflex 16) erfolgte durch einen Gleichstrommotor, der aus einer 12 Volt Batterie gespeist wurde. Der Gleichlauf des Antriebsmotors wurde durch eine von einem Synchronmotor angetriebenen Uhr kontrolliert. Bei der angewandten Frequenz von 48 Bildern pro Sekunde beträgt die aus 9 Meßungen errechnete Standardabweichung 0,65 Bilder pro Sekunde.

Als Laufbahn wählte ich eine Längsseite des auf dem Gestütsgelände gelegenen Trainingsplatzes. Eine Seite wurde von der Längsfront des Stallgebäudes begrenzt. Diese gab den Pferden eine gewisse Anlehnung und erleichterte ihnen dadurch das Geradeausgehen. Die kameraseitige Begrenzung der 4 m breiten Laufbahn bildete ein auf dem Boden ausgespanntes Netz von 30 m Länge. Das Netz hatte eine Breite von 128 cm und war in der Längsrichtung in 64 cm breite Felder unterteilt (Abb. 1). Die Pferde wurden während der Untersuchungen ohne Änderung der Gangarten und der Geschwindigkeit geführt, geritten und gefahren. Beim Passieren des Netzes wurde gefilmt. Aus diesem Grund können unsere Aufnahmen als Stichproben angesehen werden. Der Untergrund der Lauffläche bestand aus Schlacke. Die Tiefe der Hufeindrücke betrug 2-3 cm.

Die folgende Aufstellung gibt die Ausbildungsdauer, die untersuchten Gangarten und die Belastung an:

8.11.68 Eintreffen der Junghengste in Westercelle. Bis zum ersten Aufnahmetermin wurden die Tiere täglich nur geführt, da bei einem großen Teil der Hengste Erkrankungen der oberen Luftwege ausheilen mußten.

28.11.68 Ausbildungsbeginn.

Schritt an der Hand

Trab an der Hand

7. 5.69 Ausbildungsdauer 23 Wochen

Schritt im Traberwagen

Schritt unter dem Reiter



Abb. 1: Ausschnitt aus der Bewegung eines Pferdes auf der Laufbahn entlang dem ausgespannten Netz.

Trab im Traberwagen

Trab unter dem Reiter

Starker Trab im Traberwagen

Starker Trab unter dem Reiter

8.10.69 Ausbildungsdauer 45 Wochen

Schritt im Traberwagen

Schritt unter dem Reiter

Trab im Traberwagen

Trab unter dem Reiter

Starker Trab im Traberwagen

Starker Trab unter dem Reiter.

Für die Auswahl des 2. Aufnahmetermins war der Umstand maßgebend, daß die Hengste in möglichst frühem Stadium nach Gewöhnung an den Traberwagen und den Reiter aufgenommen werden sollten. Den

3. Aufnahmetermin bestimmte das Ende der Ausbildungszeit.

An allen Aufnahmetagen wurden die Hengste nach absolvierter Morgenarbeit gefilmt. So konnte der Einfluß der 'Spannung' und der 'Steifheit' ausgeschaltet werden, der bei Pferden nach längerer Stallruhe mehr oder weniger stark vorhanden ist und den Bewegungsablauf erheblich beeinflußt. Da die Morgenarbeit für alle Pferde eine recht konstante Belastung darstellte, sind durch die Wahl der Aufnahmezeitpunkte nach der Morgenarbeit für jede Untersuchung weitgehend gleiche Bedingungen geschaffen worden.

Zu Beginn der Ausbildung hat sich gezeigt, daß die jungen Pferde sich sehr stark von ihrer Umgebung beeinflussen ließen. Die Angst vor der neuen Umgebung, dem ausgebreiteten Netz und der Kamera ließ die Tiere gespannt und unruhig gehen. Deshalb wurde an diesem Tag ein älterer Hengst in 4-6 m Abstand den Versuchstieren vorangeführt, wodurch die Spannung wich und die Tiere gelöst und ruhig gingen.

Bei sämtlichen Schrittaufnahmen wurden die Hengste ohne jegliche treibenden oder verhaltenden Hilfen vorgeführt. Im Trab ließen Reiter und Fahrer die Tiere im Arbeitstempo gehen. Beim starken Trab sollte

die höchst mögliche Geschwindigkeit erreicht werden. Das Antreiben der Hengste dazu geschah außerhalb des Filmbereichs. Während der Aufnahmen wurden keine Hilfen mehr gegeben. Verschiedentliches Angaloppieren der Hengste zeigte das Erreichen der oberen Geschwindigkeitsgrenze im Trab an.

3.3 Auswertung der Filme:

Die zeitliche Analyse der Bewegungsabläufe wurde durch Zählen der Filmbilder anhand eines Filmprojektors (Bell & Howell) mit Zählwerk und Handtransportierung des Filmes durchgeführt (1 Bild = 1/48 sec). Die Bewegungsvorgänge konnten so in ihren einzelnen Phasen genau erfaßt und graphisch dargestellt werden.

Die räumliche Analyse der Bewegungsabläufe führte ich mit Hilfe der Methode der 'Projektiven Netze' nach MAENNICKE (1961) durch. Wesentlicher Bestandteil dieser Methode ist das vor der Laufbahn aufgespannte und im Film mit abgebildete Netz (Abb. 1). Nach dem abgebildeten Netz einer Filmszene werden durch Projektion auf einen Papier-

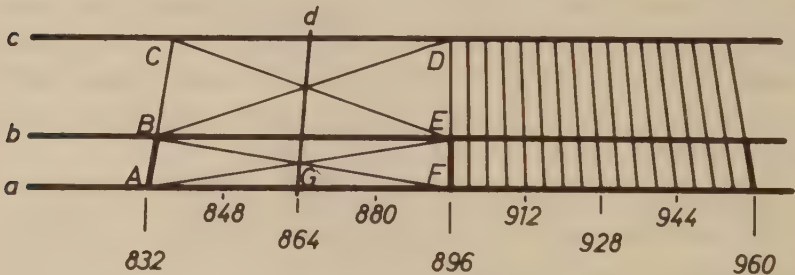


Abb. 2 Konstruktion der projektiven Netze zur räumlichen Bewegungsanalyse anhand von Filmaufnahmen (Beschreibung siehe Text).

streifen die Geraden a, b, und die Strecken AB und EF auf diesem nachgezeichnet. c wird als Parallele zu a und b in beliebigem Abstand eingezeichnet. AB und EF werden anschließend bis zur Geraden c verlängert.

der jeweiligen Gliedmaßen auf dem Meßnetz an. Die Differenz zweier aufeinanderfolgender Zahlen stellt die Schwingweite in cm dar.

3.4 Terminologie:

Die bisherige Terminologie der Bewegungsphysiologie unterscheidet nicht zwischen den Bezeichnungen für die einzelnen Bewegungsphasen und den Bezeichnungen für deren zeitliche und räumliche Meßwerte. Außerdem sind einige dieser Phasen meines Erachtens zu ungenau bezeichnet. Ich möchte die Bezeichnungen des Bewegungsgeschehens und die Bezeichnungen für deren Zeit- und Entfernungswerte trennen.

Von den Bewegungen beim Pferd soll hier auf Schritt und Trab eingegangen werden. Jeder Gangart liegt eine bestimmte Ordnung des Zusammenspiels der einzelnen Gliedmaßen zu Grunde. Die kleinste in dieser Ordnung ablaufende Einheit nenne ich Bewegungseinheit (BE).

Die Bezeichnungen und Maße lassen sich unterteilen, in solche, die den ganzen Körper betreffen und solche, die eine Gliedmaße betreffen.

Bezeichnungen und Maße, die Bewegungsphasen des ganzen Körpers bestimmen:

Bewegungseinheitsdauer (BEd): Die Zeit, in der eine Bewegungseinheit abläuft (früher als Bewegungsfolge bezeichnet).

Schrittweite (Sw): Die Entfernung, die der Körper in der Gangart Schritt in einer Bewegungseinheit zurücklegt (früher als Bewegungslänge bezeichnet).

Trittweite (Tw): Die Entfernung, die der Körper in der Gangart Trab in einer Bewegungseinheit zurücklegt (früher als Bewegungslänge bezeichnet).

Schrittfrequenz (Sf): Die Anzahl von Bewegungseinheiten im Schritt pro Zeiteinheit.

Trittfrequenz (Tf): Die Anzahl von Bewegungseinheiten im Trab pro Zeiteinheit.

Schwebephase (SE): Der Teil einer Bewegungseinheit, während der keine Gliedmaße den Boden berührt.

Schwebedauer (SEd): Die Zeit der Schwebephase.

Geschwindigkeit (V): Die Geschwindigkeit des Körpers.

Dreibeinfußung (D): Drei Gliedmaßen haben Berührung mit dem Boden.

Vordere Dreibeinfußung (VD): Beide Vorder- und eine Hintergliedmaße haben Bodenberührung.

Hintere Dreibeinfußung (HD): Beide Hinter- und eine Vordergliedmaße berühren den Boden.

Zweibeinfußung (Z): Zwei Gliedmaßen haben Berührung mit dem Boden.

Sagitale Zweibeinfußung (SZ): Beide Gliedmaßen einer Seite berühren den Boden.

Diagonale Zweibeinfußung (DZ): Ein diagonales Beinpaar berührt den Boden.

Die Dauer einer Fußungskonstellation wird durch Anfügen eines 'd' an die jeweilige Abkürzung bezeichnet.

Bezeichnungen und Maße die das Bewegungsgeschehen einer Gliedmaße bestimmen:

Fußungsphase (F): Der Teil der Bewegung einer Gliedmaße, in dem sie den Boden berührt.

Fußungsdauer (Fd): Die Zeit, in der die Gliedmaße den Boden berührt.

Schwingphase (SI): Der Teil der Bewegung einer Gliedmaße, in der sie über dem Boden schwingt.

Schwingdauer (SId): Die Zeit, in der die Gliedmaße schwingt.

3.5 Bearbeitung der Meßwerte:

Von den aus einer Filmszene erhaltenen Einzelwerten wurden für die Bewegungseinheitsdauer (sec), Schrittweite (cm), Trittweite (cm), Schwingdauer (in % der BED), und die Schwebedauer (in % der BED) der Mittelwert ($\bar{x}$) und die Standardabweichung (s) nach folgenden Formeln (SACHS 1968) errechnet:

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n} \qquad s = \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

wobei x den Meßwert und n die Anzahl der Meßwerte bedeutet.

In den Tabellen werden statt der Werte für die Bewegungseinheitsdauer die daraus errechnete Schritt- und Trittfrequenz angegeben, da diese eine größere Aussagekraft besitzen. Aus der Bewegungseinheitsdauer, gemessen in Sekunden, wird die Frequenz als Anzahl der Bewegungseinheiten pro Minute berechnet.

Der Vergleich der einzelnen Meßwerte aus den verschiedenen Aufnahmeterminen wurde mit dem Vorzeichentest nach Dixon und Mood (SACHS 1968) durchgeführt.

Zur Bestimmung der Beziehung zwischen der Schwebedauer und der Trittweite wurde eine lineare Regressionsgleichung (Rechenanleitung für die Rechenmaschine Diehl Sigmatron) in der Form $y = ax + b$ aufgestellt, wobei a der Regressionskoeffizient und b die Regressionskonstante ist. Die Berechnung erfolgte nach der Methode der kleinsten Quadrate. Danach gilt für

$$a = \frac{\sum x_i y_i - \bar{y} \sum x_i}{\sum x_i^2 - \bar{x} \sum x_i} \quad \text{und} \quad b = \bar{y} - a\bar{x}$$

wobei x_i der Wert der Schwebedauer, y_i der Wert der Trittweite, $\bar{x}$ der Mittelwert aller Meßwerte der Schwebedauer und $\bar{y}$ der Mittelwert aller Meßwerte der Trittweite bedeutet.

3.6 ERGEBNISSE

3.6.1 Schrittanalyse zu Beginn der Ausbildung:

Die Schrittanalyse basiert auf den Werten, die in Tabelle 1 zusammengefaßt sind. Diese Werte wurden aus den Filmaufnahmen zum Ausbildungsbeginn ermittelt. Danach erreichen die Hengste Geschwindigkeiten zwischen 78,4 und 100,9 m/min. Mit einer Variationsbreite von 22,5 m/min ist dieser Variationsbereich recht groß. In dieser Schrittanalyse sind die Werte des Hengstes SE, die in Tabelle 1 mit aufgeführt sind, nicht berücksichtigt. Dieser Hengst war am Aufnahmetag so aufgeregt, daß schon während der Aufnahmen durch die Beobachtung erkennbar war, daß dieser Bewegungsablauf nicht einem geregelten Schritt entsprach. Mehrmals wiederholte Aufnahmen brachten kein besseres Ergebnis. Bei den späteren Aufnahmen bestätigte er aber eindeutig durch seine Werte, daß er innerhalb des Variationsbereiches der untersuchten Gruppe liegt.

Im Gegensatz zur Geschwindigkeit ist der Variationsbereich der Schrittweite von 167,7 bis 179,9 cm recht eng. Ebenso verhält sich die Schrittfrequenz, die mit Werten von 46,8 bis 56,1 BE/min in engen Grenzen liegt. Was für die Schrittweite und die Schrittfrequenz gesagt wurde, gilt in gleichem Maße für die Schwingdauer der Gliedmaßen. Ihr Anteil an der Bewegungseinheitsdauer liegt zwischen 34,0 und 36,3 %.

Bei allen 7 Hengsten sind im Schritt in einer Bewegungseinheit 8 verschiedene Fußungskonstellationen feststellbar, die in der in Abb. 4 dargestellten Reihenfolge auftreten.

Tabelle 1: Analyse des Schrittes an der Hand nach Filmaufnahmen zu Beginn der Ausbildung.
n Anzahl der Meßwerte, $\bar{x}$ Mittelwert, s Standardabweichung, V mittlere Geschwindigkeit, er-
rechnet aus dem Mittelwert der Schrittweite und der Schrittfrequenz ($V = S_w \times Sf$), SId
Schwingdauer und BEd Bewegungseinheitsdauer.

Hengst	Schrittweite (cm)			Schrittfrequenz (BE/min)			V (m/min)		SId in % der BEd	
	n	$\bar{x}$	s	n	$\bar{x}$	s			n	$\bar{x}$
GL	26	171.1	22.2	11	62.5	3.0	89.9		44	35.6
DI	26	167.7	11.0	8	52.4	1.8	87.8		32	35.0
LR	24	175.5	12.2	12	55.1	3.1	96.7		48	36.1
LK	26	178.0	7.7	10	53.8	2.3	95.8		40	36.1
SE	32	148.3	14.9	12	72.5	5.5	107.5		48	36.7
DB	22	179.9	9.3	12	56.1	2.0	100.9		48	34.0
MK	28	167.8	31.9	12	46.8	2.1	78.4		48	36.3

Tabelle 1 Fortsetzung

Hengst n Mittelwerte der Fußungskonstellationsdauer
in Prozent der Bewegungseinheitsdauer

		VD	SZ	HD	DZ	VD	SZ	HD	DZ
									
GL	11	13.3	13.6	16.1	8.1	12.4	14.0	15.0	8.5
DI	8	15.0	9.3	14.8	10.0	15.5	9.5	14.1	11.8
LR	12	12.2	8.2	16.1	15.4	11.4	7.5	14.6	14.6
LK	10	11.9	11.5	13.6	11.3	14.4	10.9	13.8	12.6
SE	12	10.5	6.4	14.4	20.4	10.4	5.4	15.5	16.8
DB	12	17.0	7.6	15.4	10.6	16.7	8.2	14.6	9.9
MK	12	11.8	11.5	13.6	11.2	14.5	10.9	13.9	12.6

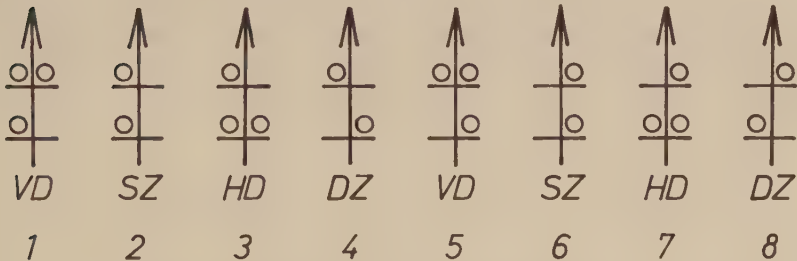


Abb. 4: Fußungskonstellationschema des Schrittes. VD vordere Dreibeinstütze, HD hintere Dreibeinstütze, SZ sagitale Zweibeinstütze, DZ diagonale Zweibeinstütze. Die Zahlen geben die Reihenfolge der Fußungskonstellationen an.

Diese 8 Fußungskonstellationen einer Bewegungseinheit lassen sich in zwei gleiche Gruppen einteilen, 1 - 4 und 5 - 8. Innerhalb dieser beiden Gruppen verhalten sich die entsprechenden Fußungskonstellationen

1 und 5, 2 und 6, 3 und 7, 4 und 8 spiegelbildlich zueinander. Die mittlere Dauer der Fußungskonstellationen in Prozent der Bewegungseinheitsdauer (BED) sind in Tab. 1 Fortsetzung für die verschiedenen Fußungskonstellationen angegeben. Der prozentuale Anteil der Dreibeinstützendauer an der BED ist bei allen Pferden größer als 50 % (53,7 - 63,7 %), wobei die Dauer der vorderen Dreibeinstütze zwischen 23,6 und 33,7 % der BED und die der hinteren Dreibeinstütze zwischen 27,4 und 30,7 % der BED variiert. Der Vergleich der Werte der vorderen mit denen der hinteren Dreibeinstütze jedes einzelnen Hengstes zeigt, daß 4 Hengste die hintere Dreibeinstütze länger gebrauchen als die vordere. 2 Hengste benützen die vordere länger. Die Dauer der Zweibeinstützen beträgt 36,3 - 46,3 % der BED. Die Beteiligung der Zweibeinstützen am Bewegungsablauf ist gegenüber derjenigen der Dreibeinstützen bei allen Hengsten eindeutig geringer. Innerhalb der Zweibeinstützen ist die diagonale mit Werten zwischen 16,6 und 30,0 % der BED stärker vertreten als die sagitale Zweibeinstützen (15,7 - 27,6 % der BED). Eine Ausnahme hiervon machen die Werte des Hengstes GL, bei dem die sagitalen Zweibeinstützen länger dauern als die diagonalen. Die prozentualen Anteile der einzelnen Fußungskonstellationen an der BED der Hengste lassen kein einheitliches Schema erkennen, das für den Schritt des untrainierten, unbelastet gehenden Pferdes charakteristisch wäre.

3.6.2 Trabanalyse zu Beginn der Ausbildung:

Der folgenden Trabanalyse liegen die Filmaufnahmen zu Beginn der Ausbildung zu Grunde. Die Werte sind in Tabelle 2 zusammengestellt. In dieser Gangart erreichen die Hengste Geschwindigkeiten von 229,0 bis 312,7 m/min. Der große Variationsbereich von 83,7 m/min findet seine Erklärung in der großen Variationsbreite der Trittweite und der Trittfrequenz. Die Variationsbreite von 61,4 cm für die Trittweite liegt zwischen den Grenzen von 257,6 und 319,0 cm. Ähnlich umfangreich ist auch der Variationsbereich der Trittfrequenz von 83,3 bis 102,9 BE/min. Ihre Variationsbreite beträgt 19,6 BE/min. Allerdings liegt die Schwingdauer der Gliedmaßen mit Werten zwischen 59,4 und 66,6 % der BEd in deutlich engeren Grenzen. Die Variationsbreite beträgt hier 7,2 BE/min. Die Schwebedauer hat mit Anteilen zwischen 14,6 und 28,9 % der BEd wie die Geschwindigkeit, die Trittweite und die Trittfrequenz eine große Variationsbreite.

Die Bewegungseinheit im Trab besteht aus zwei diagonalen Fußungskonstellationen und zwei Schwebephasen, die in der in Abb. 5 dargestellten Reihenfolge bei allen Hengsten auftreten. Ähnlich wie im Schritt läßt sich die Bewegungseinheit im Trab zweiteilen, wobei jede Hälfte aus einer diagonalen Zweibeinstütze und einer Schwebephase besteht. Die diagonalen Zweibeinstützen verhalten sich dabei spiegelbildlich zueinander.

Tabelle 2: Analyse des Schrittes an der Hand nach Filmaufnahmen zu Beginn der Ausbildung.
n Anzahl der Meßwerte, $\bar{x}$ Mittelwert, s Standardabweichung, V mittlere Geschwindigkeit, er-
rechnet aus dem Mittelwert der Trittwerte und der Trittfrequenz ($V = T_w \times Tf$); SId Schwing-
dauer, SEd Schwebedauer und BEd Bewegungseinheitsdauer.

Hengst	Trittwerte		Trittfrequenz		V		SId		SEd	
	n	$\bar{x}$ (cm)	s	n	$\bar{x}$ (BE/min)	s	n	in % $\bar{x}$	n	in % $\bar{x}$
GL	12	307.8	9.5	7	83.3	3.2	28	64.4	14	21.9
DI	12	304.0	7.8	7	102.9	4.1	28	64.7	14	21.9
LR	16	268.1	9.4	8	93.7	3.6	32	62.9	16	14.6
LK	16	266.1	8.7	8	89.3	3.3	32	66.6	16	16.3
SE	14	319.0	19.7	7	86.9	3.4	28	66.3	14	28.9
DB	16	260.6	25.1	9	87.9	3.1	36	60.5	18	16.4
MK	18	257.6	18.3	9	94.9	2.6	36	59.4	18	16.1

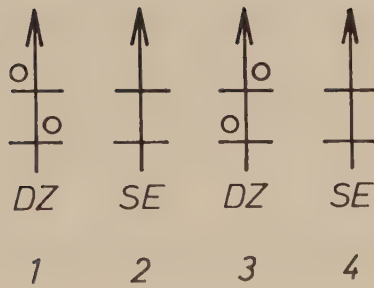


Abb. 5: Fußungskonstellationschema des Trapes.
DZ diagonale Zweibeinstütze, SE Schwebephase. Die Zahlen
geben die Reihenfolge der Fußungskonstellationen und der
Schwebephasen an.

3.6.3 Einfluß des Trainings auf den Bewegungsablauf im Schritt:

Das Gehen im Traberwagen stellt für die Hengste keine Belastung dar, die den Bewegungsablauf im Schritt erkennbar verändert. Daher stehen zur Untersuchung der Trainingseinwirkung auf den Bewegungsablauf des unbelastet gehenden Pferdes im Schritt drei vergleichbare Meßwertgruppen zur Verfügung: zu Beginn der Ausbildung, nach 23 Wochen und nach 45 Wochen Training (Tab. 1, 3 u. 4). Als Vergleichsgrundlage dient die vom untersuchten Tier jeweils selbst gewählte Geschwindigkeit. Die Wahl dieser Vergleichsbasis wird im Abschnitt 4 erläutert und begründet.

Die Schrittgeschwindigkeit der unbelastet gehenden Pferde nimmt vom Ausbildungsbeginn bis zum -ende zu (Abb. 6). Hierfür ist die Irrtumswahrscheinlichkeit (P) nach dem Vorzeichentest (SACHS 1968) kleiner als 1 %. Die Variationsbreite der Geschwindigkeit nimmt von 22,5 m/min am Ausbildungsbeginn über 24,2 m/min nach 23 Wochen Ausbildung um ungefähr 1/3 auf 14,0 m/min am Ausbildungsende ab (Tab. 1, 3 u. 4). Die Unterschiede zwischen den individuellen Geschwindigkeiten werden also mit fortschreitender Ausbildung geringer, wobei sich die einzelnen Tiere innerhalb des Ausbildungszeitraumes unterschiedlich verhalten (Abb. 6).

Für die Schrittweite kann keine statistisch gesicherte Aussage gemacht werden (Tab. 1, 3 u. 4). Das Training verändert diese Größe demnach nicht einheitlich, sondern sie wird mehr von der individuellen Konstitution bestimmt. GL und DI verlängern ihre Schrittweiten während des gesamten Ausbildungszeitraumes (Tab. 1, 3 u. 4). LR, LK und MK haben nach 23 Wochen Ausbildung eine kleinere Schrittweite als zu Beginn. Bei DB bleibt die Schrittweite konstant. LR, LK, DB und MK erreichen mit ihren Schrittweiten am Ausbildungsende nicht mehr die Schrittweiten, die sie zu Beginn der Ausbildung hatten. Allerdings ist hierbei die größte Differenz nur 6,9 cm (LR) und die kleinste 3,5 cm (DB). Die kleine Variationsbreite der Schrittweite am Anfang der Ausbildung von 12,2 cm erfährt eine Vergrößerung über 47,5 cm nach

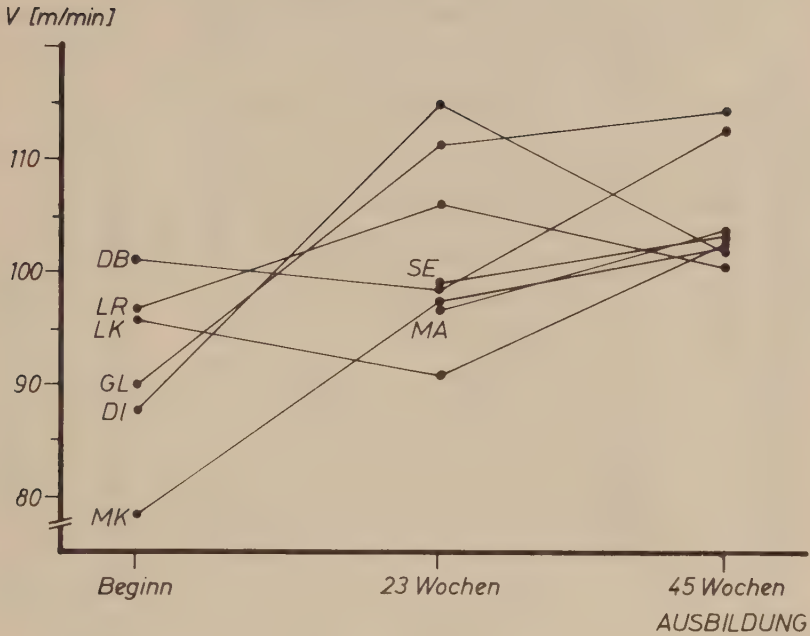


Abb. 6: Trainingswirkung auf die Schrittgeschwindigkeit (V).

23 Wochen Ausbildung auf 24,1 cm am Ausbildungsende (Abb. 7). Die mittlere Schrittweite von 173,3 cm erhöht sich nach 23-wöchigem Training um 2,5 cm und nimmt dann nach 45-wöchigem Training um 6,3 cm auf 169,5 cm ab (Abb. 7).

Wie die Geschwindigkeit erhöht sich auch die Schrittfrequenz (Tab. 1, 3 u. 4) während der Gesamtausbildung ($P < 1\%$), wobei sie bei GL, DI und MK in jedem Ausbildungsabschnitt eine Steigerung erfährt. LR vergrößert die Schrittfrequenz im 1. Ausbildungsabschnitt und vermindert sie im 2., während bei LK und DB das Umgekehrte zutrifft. Die mittlere Schrittfrequenz beträgt am Ausbildungsbeginn 52,8 BE/min. Nach 23 Wochen vergrößert sie sich auf 58,1 BE/min und steigert sich

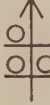
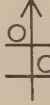
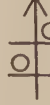
Tabelle 3: Analyse des Schrittes im Traberwagen nach 23-wöchiger Ausbildung. Erläuterungen s. Tab. 1.

Hengst	Schrittweite (cm)			Schrittfrequenz (BE/min)			V (m/min)	Std in % der BE	
	n	$\bar{x}$	s	n	$\bar{x}$	s		n	$\bar{x}$
GL	28	191.7	5.0	13	58.1	1.9	111.3	52	37.1
DI	26	200.0	25.8	11	57.5	1.1	115.0	44	37.9
LR	30	172.1	11.1	12	61.7	1.3	106.2	48	38.5
LK	26	173.7	6.4	9	52.3	3.1	90.8	36	36.8
SE	28	169.4	12.5	13	58.4	2.7	99.0	52	38.4
DB	28	179.9	7.7	10	54.8	1.8	98.5	40	34.9
MK	32	167.4	9.3	13	58.2	2.1	97.5	52	34.5
MA	30	152.5	29.2	12	63.4	3.1	96.7	48	37.6

Tabelle 3 Fortsetzung

Hengst n

Mittelwerte der Fußungskonstellationsdauer
in Prozent der Bewegungseinheitsdauer

		VD	SZ	HD	DZ	VD	SZ	HD	DZ
									
GL	13	12.2	15.0	14.4	8.3	12.4	15.2	12.9	9.8
DI	11	11.8	12.3	12.5	12.9	12.2	12.3	11.8	14.2
LR	12	9.6	3.7	14.3	22.9	8.4	4.7	13.2	23.2
LK	9	13.5	14.1	13.7	8.6	13.5	14.7	11.3	10.6
SE	13	11.2	13.1	12.3	14.0	9.5	13.1	13.0	13.8
DB	10	15.1	7.8	15.2	11.2	16.6	7.5	13.7	12.9
MK	13	11.1	18.0	13.4	6.9	12.6	16.9	11.9	9.2
MA	12	9.7	13.2	13.2	11.3	12.4	13.4	14.5	12.3

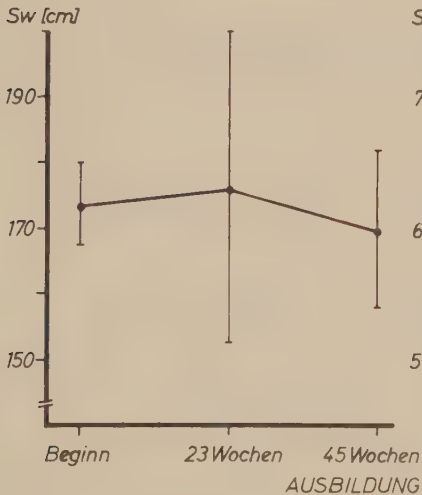


Abb. 7 Trainingswirkung
auf die Schrittweite (Sw).

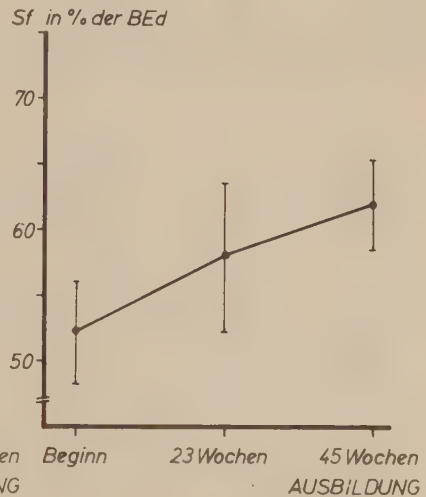


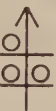
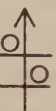
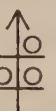
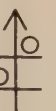
Abb. 8: Trainingswirkung
auf die Schrittfrequenz (Sf),
BEd Bewegungseinheitsdauer.

Tabelle 4: Analyse des Schrittes im Traberwagen nach 45-wöchiger Ausbildung. Erläuterungen s. Tab. 1.

Hengst	Schrittweite (cm)			Schrittfrequenz (BE/min)			V (m/min)	Std in % der BEd	
	n	$\bar{x}$	s	n	$\bar{x}$	s		n	$\bar{x}$
GL	30	182.3	17.6	14	62.8	2.2	114.5	56	38.5
DI	34	173.9	6.4	13	58.6	1.6	101.9	52	37.4
LR	32	168.6	17.0	13	59.6	1.8	100.5	52	37.4
LK	31	171.8	6.4	13	59.6	1.6	102.4	52	37.2
SE	33	160.6	6.5	14	64.1	2.4	103.0	56	37.3
DB	33	176.4	6.4	12	63.9	2.3	112.7	48	36.9
MK	33	164.0	10.0	14	62.4	1.9	102.4	56	37.0
MA	36	158.2	21.0	14	65.3	2.5	103.4	56	36.8

Tabelle 4 Fortsetzung

Hengst n Mittelwerte der Fußungskonstellationsdauer
in Prozent der Bewegungseinheitsdauer

		VD	SZ	HD	DZ	VD	SZ	HD	DZ
									
GL	14	11.8	14.0	11.5	13.6	11.8	13.8	10.8	13.7
DI	13	13.6	9.4	13.5	14.4	12.5	10.0	12.5	14.1
LR	13	13.5	9.3	14.2	14.2	12.4	9.9	12.5	14.0
LK	13	13.6	14.2	12.3	10.1	13.4	14.2	11.9	10.3
SE	14	11.2	11.3	14.1	13.8	11.4	11.5	13.9	12.8
DB	12	12.6	10.7	13.6	12.6	13.1	11.2	13.1	13.1
MK	14	13.7	13.3	12.6	10.7	13.8	13.8	11.6	10.5
MA	14	11.5	15.1	14.6	7.9	11.7	16.0	14.6	8.6

nochmals nach 45 Wochen auf 62,0 BE/min (Abb. 8). Die Variationsbreite der Schrittfrequenz beträgt am Anfang 9,3 BE/min. Sie verändert sich über 11,1 BE/min nach 23-wöchigem Training auf 6,7 BE/min nach 45-wöchigem Training (Abb. 8).

Alle Hengste vergrößern während des gesamten Trainings (Tab. 1, 3 u. 4) die Schwingdauer ihrer Gliedmaßen ($P < 1\%$). GL, LK, DB und MK steigern sie bei jedem Untersuchungstermin, während DI und LR die längste Schwingdauer nach 23-wöchiger Ausbildung haben.

Das in Abb. 4 dargestellte Fußungskonstellationschema gilt für die gesamte Ausbildungszeit. Bei allen Aufnahmen sind die 8 Fußungskonstellationen in der angegebenen Reihenfolge vorhanden. Allerdings ist bei der Dauer der einzelnen Fußungskonstellationen ein Trend zum Ausgleich untereinander festzustellen, das heißt, daß die extrem hohen Werte zu Gunsten der niedrigsten abnehmen. Die Dauer der einzelnen Fußungskonstellationen nähern sich dem Wert 12,5 % der BED. Für die 8 Fußungskonstellationen werden also mit fortschreitender Ausbildung annähernd

gleiche Anteile im Bewegungsablauf erreicht. Dies besagt, daß offensichtlich keine Fußungskonstellation im Bewegungsablauf des Schrittes von größerer Bedeutung ist als die übrigen.

Für den Schritt unter Reiterbelastung stehen Werte aus den Aufnahmen nach 23-wöchigem Training und Werte aus den Aufnahmen vom Ausbildungsende (45 Wochen) als vergleichbare Meßwerte zur Verfügung (Tab. 5 u. 6). Bei 5 der Hengste nimmt die Schrittgeschwindigkeit unter Reiterbelastung zum Ausbildungsende hin zu. 2 Hengste haben schon nach 23 Wochen Ausbildung die gleiche Geschwindigkeit wie nach 45 Wochen.

Die Schrittfrequenz unter Reiterbelastung (Tab. 5 u. 6) ist am Ausbildungsende gegenüber der nach dem 1. Ausbildungsabschnitt erhöht ($P = 2 \%$). Nur DB zeigt diese Veränderung nicht. Er vermindert seine Schrittfrequenz von der 23. Woche bis zur 45. Woche um 6,1 BE/min.

Über die Änderung der Schrittweite unter Reiterbelastung (Tab. 5 u. 6) kann keine statistisch gesicherte Aussage gemacht werden. GL, DI, MK und MA verringern ihre Schrittweite, während LR, LK, SE und DB sie vergrößern. Ähnlich uneinheitlich war die Änderung der Schwingdauer unter dem Reiter (Tab. 5 u. 6). GL, LK, SE, DB und MK vergrößern sie, bei LR bleibt sie konstant und bei DI und MA wird sie kleiner.

Tabelle 5: Analyse des Schrittes unter dem Reiter nach 23-wöchiger Ausbildung. Erläuterungen s. Tab. 1.

Hengst	Schrittweite (cm)			Schrittfrequenz (BE/min)			V (m/min)	SID in % der BEd	
	n	$\bar{x}$	s	n	$\bar{x}$	s		n	$\bar{x}$
GL	28	192.4	7.3	12	56.6	1.8	108.8	48	37.6
DI	28	198.9	7.0	13	58.8	2.3	116.9	52	38.5
LR	36	151.4	14.1	12	56.4	1.8	85.4	48	37.3
LK	34	163.7	15.5	12	58.5	6.2	95.7	48	36.7
SE	29	172.1	5.8	12	55.7	1.8	95.8	48	36.9
DB	28	173.6	22.9	9	61.9	4.2	107.4	36	37.2
MK	30	174.1	5.7	12	55.7	2.0	97.1	48	35.3
MA	30	172.3	7.4	11	63.6	3.7	109.6	44	37.8

Tabelle 5 Fortsetzung

Hengst n

Mittelwerte der Fußungskonstellationsdauer
in Prozent der Bewegungseinheitsdauer

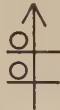
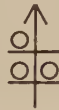
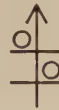
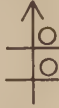
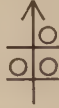
		VD	SZ	HD	DZ	VD	SZ	HD	DZ
									
GL	12	11.9	16.3	13.4	8.2	11.9	16.5	13.3	9.5
DI	13	10.4	14.0	12.0	13.1	10.9	12.7	12.9	14.0
LR	12	9.8	2.9	16.6	21.1	9.8	2.1	14.7	23.0
LK	12	13.6	8.1	12.6	17.1	13.3	8.4	11.0	15.9
SE	12	11.9	10.9	14.8	13.3	10.9	9.9	16.3	12.0
DB	9	11.5	12.4	14.1	11.5	12.1	14.3	11.7	12.4
MK	12	14.8	11.4	14.6	10.6	13.7	10.9	15.2	8.8
MA	11	10.6	15.4	12.6	9.8	11.4	15.4	13.0	11.8

Tabelle 6: Analyse des Schrittes unter dem Reiter nach 45-wöchiger Ausbildung. Erläuterungen s. Tab. 1

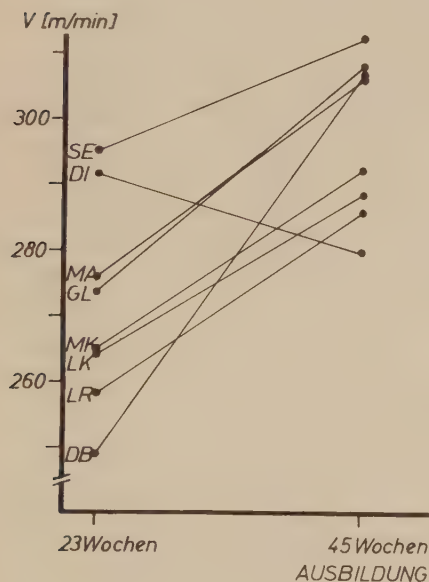
Hengst	Schrittweite			Schrittfrequenz			V (m/min)	Std in	
	n	$\bar{x}$ (cm)	s	n	$\bar{x}$ (BE/min)	s		n	$\bar{x}$ % der BEd
GL	30	187.5	6.6	13	57.5	2.1	107.8	52	38.3
DI	30	174.8	7.6	13	59.1	11.9	103.4	52	36.7
LR	31	174.6	7.2	13	58.6	2.1	102.3	56	37.3
LK	31	171.3	35.7	14	65.0	4.3	111.4	56	37.2
SE	33	192.8	25.2	14	62.5	1.3	120.5	56	38.3
DB	27	198.8	6.6	12	55.8	1.8	111.0	48	39.6
MK	33	165.6	9.7	14	64.3	3.0	106.5	56	37.6
MA	34	162.5	23.1	15	67.9	1.9	110.4	60	36.7

Tabelle 6 Fortsetzung

Hengst	n	Mittelwerte der Fußungskonstellationsdauer in Prozent der Bewegungseinheitsdauer							
		VD	SZ	HD	DZ	VD	SZ	HD	DZ
									
GL	13	11.4	16.0	12.9	11.0	10.6	15.4	11.5	11.2
DI	13	12.6	9.5	13.4	13.5	12.5	10.1	14.4	14.0
LR	13	10.0	14.0	13.3	11.2	11.7	12.8	13.4	13.6
LK	14	13.8	12.7	11.7	13.2	12.9	12.2	12.9	10.6
SE	14	8.9	15.7	13.2	10.9	10.2	15.0	14.4	11.7
DB	12	9.5	19.3	10.6	9.7	12.1	18.4	9.4	11.1
MK	14	11.5	14.7	13.4	10.3	11.3	14.8	13.2	10.8
MA	15	12.1	10.0	15.1	11.9	10.5	12.1	15.4	12.9

3.6.4 Einfluß des Trainings auf den Bewegungsablauf im starken Trab:

Als Maßstab für den Trainingseinfluß auf den starken (schnellen) Trab gilt die Geschwindigkeitssteigerung. Deshalb wurde bei den Filmaufnahmen auf das Erreichen der höchst möglichen Geschwindigkeit im Trab geachtet. Die Meßwerte für diesen Vergleich sind in Tabelle 7 und 8 für den "starken" Trab im Traberwagen und in Tabelle 9 und 10 für den starken Trab unter dem Reiter zusammengefaßt. Es werden die Werte aus den Filmaufnahmen nach 23-wöchigem und nach 45-wöchigem Training verglichen.



Zuerst soll der starke Trab im Traberwagen betrachtet werden (Tab. 7 u. 8). Die Geschwindigkeit erfährt eine deutliche Steigerung (Abb. 9) zum Ausbildungsende hin ($P = 2\%$). Nur bei DI nimmt die Geschwindigkeit ab, da seine Trittsweite um 25,3 cm verringert wird. Die Steigerung variiert bei den einzelnen Tieren von 17,1 bis 57,6 m/min. Im Mittel steigt die Geschwindigkeit um 25,7 m/min von 271,5 auf 297,2 m/min (Abb. 9).

Abb. 9: Trainingswirkung auf die Geschwindigkeit (V) im "starken" Trab.

Tabelle 7: Analyse des starken Trabes im Traberwagen nach 23-wöchiger Ausbildung. Erläuterungen s. Tab. 2.

Hengst	Trittweite			Trittfrequenz			V (m/min)	SID			SED		
	n	$\bar{x}$	s	n	$\bar{x}$	s		n	in %	der	n	$\bar{x}$	BE d
GL	16	314.9	8.5	8	86.9	2.0	273.7	32	64.6		16	25.7	
DI	16	321.8	21.7	9	90.6	7.2	291.6	36	63.3		18	24.8	
LR	20	270.0	6.4	8	95.6	2.9	258.1	32	61.2		16	12.9	
LK	20	273.8	6.2	8	94.8	4.9	264.3	32	61.0		16	18.9	
SE	16	337.8	12.4	8	86.3	1.8	294.8	32	67.3		16	33.3	
DB	18	291.2	14.9	7	85.4	1.2	248.7	28	60.9		14	16.5	
MK	16	307.0	9.7	9	86.4	3.5	265.2	36	62.0		18	20.6	
MA	18	292.0	18.8	10	94.4	3.2	275.7	40	62.5		20	22.3	

Tabelle 8: Analyse des starken Trabes im Traberwagen nach 45-wöchiger Ausbildung. Erläuterungen s. Tab. 2.

Hengst	Trittweite (cm)			Trittfrequenz (BE/min)			V (m/min)			SID in % der BED			SED		
	n	$\bar{x}$	s	n	$\bar{x}$	s	n	$\bar{x}$	s	n	$\bar{x}$	s	n	$\bar{x}$	s
GL	16	353.0	18.0	7	87.3	1.5	38	308.1	67.7	14	33.8				
DI	18	296.5	10.0	9	94.3	5.5	36	279.4	64.8	18	23.6				
LR	16	305.0	18.7	9	93.6	2.5	36	285.4	66.2	18	26.0				
LK	20	269.6	14.8	11	107.0	4.0	44	288.5	61.9	22	16.5				
SE	14	347.9	10.1	8	89.6	1.6	32	311.9	69.6	16	36.9				
DB	14	339.1	11.3	8	90.3	3.2	32	306.3	62.2	16	24.3				
MK	16	319.0	8.2	8	91.8	3.7	32	291.8	63.9	16	22.7				
MA	16	320.0	8.5	9	95.6	1.6	36	306.0	64.6	18	29.1				

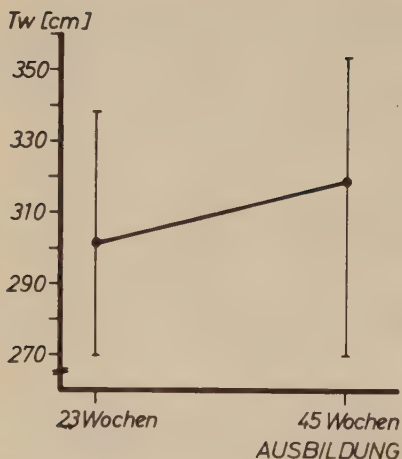


Abb. 10: Trainingswirkung auf die Trittweite (Tw) im starken Trab im Traberwagen.

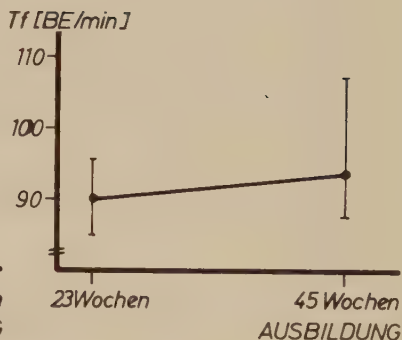


Abb. 11: Trainingswirkung auf die Trittfrequenz (Tf) im starken Trab im Traberwagen.

Eine statistisch gesicherte Aussage kann über die Trittweite nicht gemacht werden. DI und LK erreichen nach 45 Wochen ihre Trittweite vom Ausgang (23 Wochen Training) nicht, sondern zeigen Abnahmen von 25,3 cm (DI) und 4,2 cm (LK). Alle anderen Tiere vergrößern ihre Trittweite über den untersuchten Trainingszeitraum hinweg. Hierbei hat SE mit 10,1 cm die geringste und DB mit 47,9 cm die größte Steigerung. LK kann seine kleinere Trittweite am Ausbildungsende (4,2 cm) durch eine große Erhöhung der Trittfrequenz (12,2 BE/min) mehr als ausgleichen. Deshalb erhöht sich seine Geschwindigkeit noch um 24,2 m/min, während DI seine Trittweitenabnahme (25,3 cm) nicht durch seine Frequenzerhöhung (3,7 BE/min) ausgleichen kann und dadurch seine Geschwindigkeit um 12,2 m/min abnimmt. Das Mittel der Trittweiten steigt von 301,1 cm nach 23 Wochen Training auf 319,8 cm am Trainingsende (Abb. 10). Gleichzeitig erhöht sich die Variationsbreite der Trittweite zum Ausbildungsende hin um 16,4 cm auf 83,4 cm. Die Trittfrequenz

(Abb. 11) wird ebenfalls erhöht ($P = 2 \%$). Sie erfährt ihre kleinste Erhöhung mit 0,4 und ihre größte mit 12,2 BE/min. Dabei steigt die mittlere Trittfrequenz von 90,1 auf 93,7 BE/min.

Ebenso wie die Trittweite steigt auch die Schwebedauer mit zunehmender Ausbildungszeit an. Nur DI und LK verringern ihre Schwebedauer. Die gleichsinnige Veränderung der Trittweite und der Schwebedauer deutet auf eine Abhängigkeit der Trittweite von der Schwebedauer hin. Alle Hengste erhöhen die Schwingdauer ihrer Gliedmaßen ($P < 1 \%$).

Der starke Trab unter Reiterbelastung verhält sich anders als der im Traberwagen. Geschwindigkeit, Trittweite, Schwebedauer und Schwingdauer erfahren über den untersuchten Trainingszeitraum eine Vergrößerung ihrer Werte (Tab. 9 u. 10). Für die Geschwindigkeit ist $P < 1 \%$, für die übrigen Größen beträgt $P = 2 \%$. Wie beim starken Trab im Traberwagen besteht eine Abhängigkeit der Trittweite von der Schwebedauer. Wenn die Schwebedauer zunimmt, so wird auch die Trittweite vergrößert und umgekehrt.

Tabelle 9: Analyse des starken Trabes unter dem Reiter nach 23-wöchiger Ausbildung. Erläuterungen s. Tab. 2.

Hengst	Trittweite (cm)		Trittfrequenz (BE/min)		V (m/min)		Sid in % der BEd		SED	
	n	$\bar{x}$	s	n	$\bar{x}$	s	n	$\bar{x}$	n	$\bar{x}$
GL	18	297.3	13.7	8	82.6	1.8	32	61.3	16	18.2
DI	18	285.4	4.6	7	88.0	2.0	28	61.7	14	16.9
LR	17	285.5	13.9	10	96.0	4.5	40	62.2	20	15.7
LK	18	281.9	23.8	9	91.6	2.5	36	60.8	18	19.8
SE	20	281.1	6.0	8	80.6	1.4	32	61.3	16	18.4
DB	16	292.4	20.3	9	90.3	7.0	36	60.8	18	17.9
MK	24	215.8	15.6	9	86.1	4.4	36	55.6	18	6.2
MA	20	248.0	4.9	9	89.7	2.1	36	57.1	18	13.1

Tabelle 10: Analyse des starken Trabes unter dem Reiter nach 45-wöchiger Ausbildung. Erläuterungen s. Tab. 2.

Hengst	Trittwerte		Trittfrequenz		V (m/min)	Sid		SED	
	n	$\bar{x}$ (cm)	s	n	$\bar{x}$ (BE/min)	n	in % $\bar{x}$	n	der BEd $\bar{x}$
GL	16	303.3	10.0	8	85.0	2.3	64.8	32	16 21.9
DI	18	297.4	7.5	9	93.9	2.6	63.4	36	18 22.4
LR	18	291.0	11.0	9	93.2	3.1	64.5	36	18 19.0
LK	20	255.5	8.2	10	102.5	1.1	59.4	40	20 13.5
SE	16	307.3	9.7	9	86.4	1.8	65.5	36	18 27.7
DB	16	315.3	9.8	8	84.1	2.3	65.1	32	16 27.4
MK	18	302.7	9.9	9	90.3	1.7	64.3	36	18 25.4
MA	18	300.7	22.2	10	96.6	2.0	63.0	40	20 26.1

3.6.5 Untersuchung der Abhängigkeit der Trittweite von der Schwebedauer:

Bei der Untersuchung der Trainingseinwirkung auf den starken Trab im Traberwagen und unter dem Reiter ist auf Grund des Vorzeichentestes eine Abhängigkeit der Trittweite von der Schwebedauer festgestellt wor-

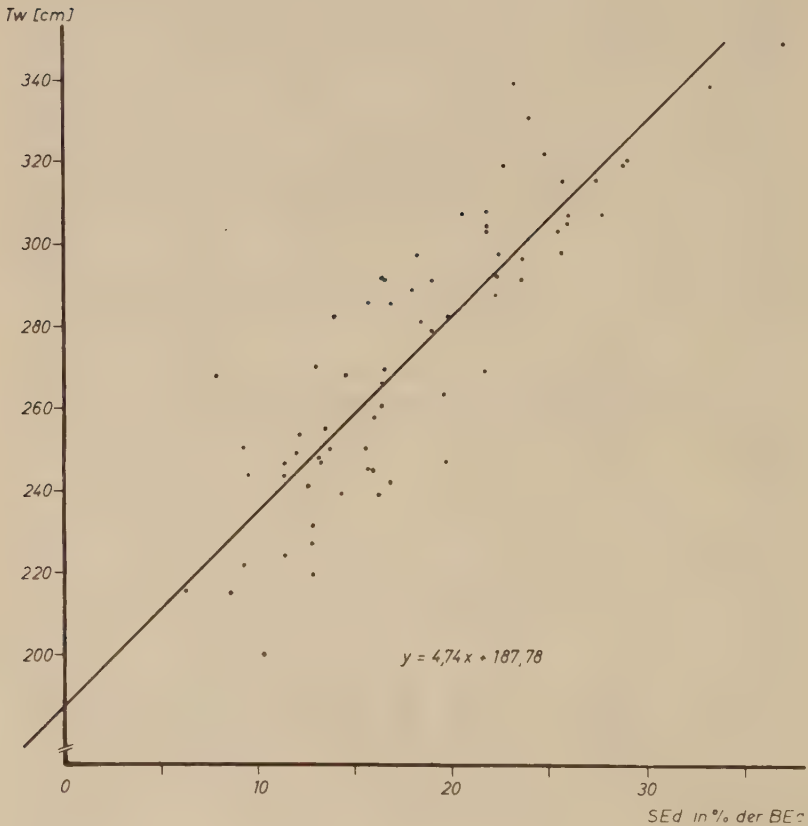


Abb. 12: Abhängigkeit der Trittweite (Tw) von der Schwebedauer (SEd). BEd Bewegungseinheitsdauer.

den. Für diese Abhängigkeit wurde daher eine lineare Regression mit der Gleichung $y = 4,74x + 187,78$ aufgestellt (Abb. 12). Die dieser Gleichung zugrunde gelegten Werte sind in den Tabellen 2, 7, 8, 9, 10, 11 und 12 enthalten. Um die Regression für einen größeren Geschwindigkeitsbereich errechnen zu können, wurde auch das Arbeitstempo analysiert. Tabelle 11 und 12 enthalten diese Werte. Die durch die Wertepaare bestimmte Lage der Punkte innerhalb der Punktwolke läßt keine Gruppenbildung nach irgend einem Gesichtspunkt erkennen. Demzufolge besteht kein Einfluß des Trainingszustandes, der Geschwindigkeit, der Belastung im Trab und der individuellen Konstitution auf die Abhängigkeit der Trittweite von der Schwebedauer.

Tabelle 11: Trittweite und Trittfrequenz für den Arbeitstrab im Traberwagen.

Hengst	nach 23-wöchiger Ausbildung				nach 45-wöchiger Ausbildung			
	Trittweite (cm)		Schwebedauer (in % der BEd)		Trittweite (cm)		Schwebedauer in % der BEd	
	n	$\bar{x}$	s	n	$\bar{x}$	s	n	$\bar{x}$
GL	18	278,5	13.9	16	21.7	25.6	18	22.3
DI	22	241.1	6.0	16	12.6	11.1	16	12.8
LR	22	243.6	16.7	18	9.5	7.0	18	13.7
LK	22	244.3	11.6	16	15.9	8.4	20	14.3
SE	18	250.0	9.3	14	15.6	25.9	18	22.0
DB	20	246.7	5.4	16	11.5	7.9	18	15.7
MK	22	221.6	9.6	18	9.3	5.2	18	10.4
MA	26	219.6	7.3	18	12.8	10.8	20	16.1

Tabelle 12: Trittweite und Trittfrequenz für den Arbeitstrab unter dem Reiter.

Hengst	nach 23-wöchiger Ausbildung				nach 45-wöchiger Ausbildung					
	Trittweite		Schwebedauer		Trittweite		Schwebedauer			
	n	$\bar{x}$	s	n	$\bar{x}$	(cm)	in % der BEd	$\bar{x}$		
GL	18	291.5	10.0	16	16.42	22	249.1	8.5	16	12.0
DI	22	253.8	9.5	18	12.1	20	250.4	8.7	18	9.3
LR	18	267.7	9.4	18	7.9	20	214.9	12.9	18	8.6
LK	18	288.0	7.6	20	18.1	22	242.1	7.1	18	16.8
SE	18	263.2	9.4	16	19.68	20	247.1	20.2	16	19.7
DB	18	262.3	14.5	18	14.4	22	246.7	9.1	18	13.3
MK	24	200.2	12.0	18	10.3	22	231.3	8.4	18	12.8
MA	20	244.0	9.6	18	11.4	24	224.1	46.1	18	11.4

4. DISKUSSION

=====

Für die vorliegende Arbeit wurden junge Pferde, die zu Beginn 2 1/2 Jahre alt waren, untersucht. In diesem jungen Alter müssen sich die Tiere an eine neue Umgebung und an ihre Ausbilder gewöhnen. Sie müssen das Gehen im Traberwagen, das Tragen eines Reiters, das Ziehen einer Last und das Überwinden von Hindernissen erlernen. Dieses Stadium bringt für die Tiere physische und psychische Belastungen, die bei ihnen zu Reaktionen führen, die mit der sogenannten "Spannung" beginnen und sich je nach Ursache und Temperament des Pferdes bis zur Widersetzlichkeit und Böartigkeit steigern können. Die beiden letztgenannten Reaktionen bleiben hier unberücksichtigt, da durch Beobachtung ihr Einfluß auf den Bewegungsablauf sofort zu erkennen ist und sie von der Untersuchung ausgeschlossen werden können. Dies ist bei der Spannung nicht immer der Fall.

SEUNIG (1967) definiert den Begriff der Spannung als krampfhaftes An- und Abspannen der Muskeln, das mit unnötigem Kraftverbrauch für die Fortbewegung verbunden ist. Als innere Ursachen nennt er Schmerz und Angst und als äußere ungewohnte körperliche Belastungen. Bei der Spannung kommt der Wirbelkette und der Muskulatur des Stammes besondere Bedeutung zu. KRÜGER (1939 u. 1939) hat diese accessorische Bewegung der Wirbelsäule untersucht und festgestellt, daß zwei Arten von Bewegungen hier fast ausschließlich vorkommen. Es ist die in horizontaler Ebene verlaufende Biegung der Wirbelsäule und die in vertikaler Richtung verlaufende Bewegung zwischen dem letzten Lendenwirbel und dem Kreuzbein. Diese beiden Bewegungen treten beim Bewegungsablauf des Schrittes nicht getrennt nacheinander, sondern, indem sie sich gegenseitig ergänzen, nebeneinander auf.

Die horizontale Biegung, die Lateroflexion, hat eine Bedeutung beim Halten des Gleichgewichts während der sagitalen Zweibeinstützen. Diese müssen für das Pferd als die statisch schwierigsten Fußungskonstellationen angesehen werden. Je ausgeprägter diese horizontalen Biegungen ausgeführt werden, desto näher wird der Schwerpunkt des Körpers über

seine Unterstützungsfläche gebracht. Von dem Vorhandensein beider accessorischer Bewegungen und ihrer Intensität hängt sowohl die Dauer der sagitalen Zweibeinstützen als auch die Weite des Vorgreifens der Hintergliedmaßen während der Schwingphasen ab.

Die Aufregung des Hengstes SE am ersten Aufnahmetag führte zu dieser Spannung, die sich in der gleichzeitigen Kontraktion aller Muskeln des Stammes äußerte. Die accessorischen Bewegungen der Wirbelkette waren dadurch nicht möglich. In der Schrittanalyse (Tab. 1) zeigte sich das folgendermaßen: Die Dauer der sagitalen Zweibeinstützen wurde verkürzt auf 5,9 % der Bewegungseinheitsdauer (BE_d). Die mittlere Dauer dieser Fußungskonstellationen der anderen Hengste beträgt 10,0 % der BE_d. Absolut ist der Unterschied zwischen dem Wert von SE und dem mittleren Wert der anderen Hengste noch größer, da die Bewegungseinheitsdauer von SE kleiner ist als die der anderen Tiere. Die absoluten Werte der BE_d betragen 0,82 sec für SE und im Mittel 1,14 sec für die übrigen Hengste. Durch die Verkürzung der sagitalen Fußungskonstellationsdauer wird auch die Schrittweite verkürzt. Sie liegt mit 148,3 cm um 25 cm unter der mittleren Schrittweite der anderen Tiere.

Wie dieses Beispiel zeigt, muß durch die "Spannung" mit erheblichen Veränderungen der Werte der Schrittanalysen gerechnet werden. Durch den einfachen Aufbau der Bewegungseinheit im Trab und durch die Tatsache, daß in dieser Gangart accessorische Bewegungen der Wirbelsäule nicht vorkommen (KRÜGER 1939), hat die Spannung für den Trab keine Bedeutung.

Zu den Ursachen der "Spannung" muß die Hilfengebung solange gerechnet werden, bis die Tiere die vom Trainer gegebenen Hilfen willig in der geforderten Weise befolgen.

Die Steifheit, die bei Pferden nach Stallruhe regelmäßig auftritt, ist ebenfalls ein Faktor, der den Bewegungsablauf beeinflusst.

Alle die Bewegung beeinflussenden Faktoren sollten bei Bewegungsanalysen ausgeschlossen werden. Dies erreichte ich bei den vorliegenden Untersuchungen folgendermaßen: Der Einfluß der "Spannung" und der "Steifheit" wurden dadurch ausgeschlossen, daß stets nach der Morgen-

arbeit gefilmt wurde. Durch die Morgenarbeit wird die Reizschwelle für äußere und innere Einflüsse erhöht. Die Tiere zeigen danach allen Einflüssen gegenüber eine gewisse Gleichgültigkeit. Gleichzeitig schafft die Morgenarbeit die Voraussetzung für den Vergleich innerhalb der Gruppe an einem Aufnahmeterrain, da sie für alle Tiere die gleiche Leistung darstellt. Die konstante Belastung der Tiere durch die Morgenarbeit vor jeder Untersuchung ermöglicht den Vergleich der Werte von den einzelnen Ausbildungsabschnitten. Der unterschiedliche Führer-, Fahrer- und Reitereinfluß konnte dadurch, daß die Hengste die Schrittgeschwindigkeit selbst bestimmten, ausgeschaltet werden. Wenn die Tiere die Geschwindigkeit selbst bestimmen, bedarf es auch keiner Hilfen, die den Bewegungsablauf beeinflussen könnte. AHLVERS (1955) und KRONACHER und OGRIZEK (1923) bestimmten den Geschwindigkeitsbereich, indem sie eine Zeitspanne für das Zurücklegen der Prüfstrecke festsetzten. Dadurch mußten sie aber aktiven Einfluß auf den Bewegungsablauf nehmen, wodurch dieser möglicherweise stark verändert wurde.

Als Vergleichsbasis für die Untersuchung der Trainingswirkung auf den Trab erschien die Höchstgeschwindigkeit in dieser Gangart am geeignetsten. Sie bietet nicht nur die Möglichkeit zur Beurteilung der Geschwindigkeitssteigerung, sondern kann außerdem als Leistungsmaximum zur Zeit der Aufnahme und dadurch als einheitliche Vergleichsbasis angesehen werden. Dies ist bei der Festsetzung eines Geschwindigkeitsbereiches innerhalb der großen Variationsbreite, die die Gangart Trab bietet, nicht der Fall. Für das eine Tier muß die Geschwindigkeit durch treibende Hilfen erreicht, das andere muß zurückgehalten werden, um innerhalb des festgesetzten Variationsbereiches der Geschwindigkeit zu bleiben. Diese Basis muß auch so lange als ungleich für die einzelnen Tiere angesehen werden, solange sie nicht alle die gegebenen Hilfen gleich befolgen. Die Untersuchung der Geschwindigkeitserhöhung im Verlauf des Trainings ist mit dieser Basis gar nicht möglich.

Tabelle 13: Zusammenstellung von Schrittwerten verschiedener Untersucher. n Anzahl der untersuchten Tiere, V Geschwindigkeit, Sf Schrittfrequenz, Sw Schrittweite, BE Bewegungseinheit.

	n	V (m/min)	Sf (BE/min)	Sw (cm)
AHLVERS	244	- -	- -	164,0 - 222,0 $\bar{x} = 185,2$
KRONACHER u. OGRIZEK	60	78,0 - 100,0 $\bar{x} = 87,7$	42,3 - 61,2 $\bar{x} = 52,1$	145,0 - 195,0 $\bar{x} = 168,9$
WAGENER	44	- -	- -	155,9 - 200,5 $\bar{x} = 179,3$
Eig. Werte	6	78,4 - 100,9 $\bar{x} = 91,6$	46,8 - 56,1 $\bar{x} = 52,8$	167,7 - 179,0 $\bar{x} = 173,3$

Der Vergleich der eigenen Untersuchungsergebnisse des Schrittes mit solchen aus der Literatur (Tab. 13) muß lückenhaft sein, da die Untersucher sich meistens nur für einen Teil der Größen interessierten. Die Variationsbreite der Geschwindigkeit aus den eigenen Untersuchungen und den Untersuchungen von KRONACHER und OGRIZEK (1923) an 60 brandenburger Stuten, stimmen überein. KRONACHER und OGRIZEK errechneten einen um 3,9 m/min kleineren Mittelwert. Die von ihnen gefundene Variationsbreite der Schrittfrequenz ist gegenüber der aus den eigenen Untersuchungen deutlich größer. Dies liegt sicherlich an der größeren Zahl von Tieren, die sie untersuchten. Die Mittelwerte sind gleich.

Für die Schrittweiten fanden andere Untersucher größere Variationsbreiten (Tab. 13). Dies ist sicher auf die größere Zahl untersuchter Pferde zurückzuführen, zumal sich die Mittelwerte der Schrittweiten von KRONACHER und OGRIZEK, von WAGENER und von den eigenen Werten nur gering unterscheiden. Allerdings ist bei AHLVERS (1955) die obere Grenze der Variationsbreite der Schrittweite und der Mittelwert im Ver-

gleich zu den Werten der anderen Untersucher deutlich höher. Die von AHLVERS untersuchten Tiere mußten eine Strecke von 50 m in 28 - 32 sec zurücklegen. Das bedeutet eine Geschwindigkeit von 93,8 - 107,1 m/min. DUSEK, EHRLEIN, v. ENGELHARDT und HÖRNICKE (1970) stellten bei 17 4-jährigen Hengsten eine lineare Abhängigkeit der Schrittweite von der Geschwindigkeit fest. Danach ist die höhere Geschwindigkeit der Grund für die größeren Schrittweiten, die AHLVERS ermittelt hat.

Dieser Vergleich der eigenen Werte mit denen anderer Untersucher zeigt, daß die in der vorliegenden Arbeit untersuchten Hengste eine sehr einheitliche Gruppe im Bezug auf den Bewegungsablauf bilden. Diese Einheitlichkeit liegt weitgehend am Auswahlssystem nach dem die Tiere ausgesucht wurden.

Die bei allen Schrittanalysen gefundenen 8 Fußungskonstellationen und deren Reihenfolge stimmen mit den Ergebnissen von MUYBRIDGE (1885) beim Pferd und denen von MAENICKE (1961) beim Pony überein. Die von SCHMALTZ (1922) erhobenen Befunde können nicht bestätigt werden. Er fand, daß der Schritt des unbelasteten oder unterm Reiter gehenden Pferdes - er nennt ihn Leichtsritt - nur aus Dreibeinstützen besteht, und daß beim Lastschritt, das heißt im Zug, Dreibeinstützen und sagitale Zweibeinstützen vorhanden sind. SCHMALTZ sah dabei nur eine ganz kurze diagonale Zweibeinstütze, die er als Zufallsbefund wertete. KRÜGER (1958) fand beim unbelasteten Schritt und dem Schritt im Zug alle 8 Fußungskonstellationen. Für den Schritt unter dem Reiter kommt er zu dem gleichen Ergebnis wie SCHMALTZ. Vermutlich haben SCHMALTZ und KRÜGER das gleiche Filmmaterial ausgewertet. Die nach diesen Filmaufnahmen gezeichneten Bilder lassen erkennen, daß die Tiere auf Kandare gezäumt waren. Aus der Zäumung und der Haltung der Pferde ist zu schließen, daß die Schrittgeschwindigkeit auf Grund des Reitereinflusses klein gewesen sein muß. MAENNICKE (1961) hat beim Pony festgestellt, daß die Dauer der Zwei- und Dreibeinstützen von der Geschwindigkeit abhängt. Bei der Erhöhung der Geschwindigkeit verschiebt sich das Verhältnis immer mehr zu Gunsten der Zweibeinstützen, das heißt

bei niedriger Schrittgeschwindigkeit überwiegt die Dauer der Dreibeinstützen. Wahrscheinlich haben SCHMALTZ und KRÜGER den durch Reitereinfluß bekommenen unteren Bereich der Schrittgeschwindigkeit untersucht und fanden aus diesem Grund nur Dreibeinstützen.

Die ermittelten Werte der Schwingdauer liegen beim Pferd zwischen 34,0 und 36,7 % der BED. Das bedeutet, daß die mittlere Geschwindigkeit einer Gliedmaße während der Schwingphase über das Dreifache der mittleren Körpergeschwindigkeit beträgt. MAENNICKE hat bei 5 Ponys einen größeren Variationsbereich der Schwingdauer festgestellt. Er gab ihn mit 36,0 bis 45,0 % der BED an.

Die Trabanalyse zeigt, daß in dem angegebenen Geschwindigkeitsbereich zwei diagonale Fußungskonstellationen und zwei Schwebephasen die Bewegungseinheit im Trab bilden. Dies ist schon von HOCHSTETTER (1823), MAREY (1872), MUYBRIDGE (1885) und KRÜGER (1958) gefunden worden. SCHMALTZ hat bei seinen Untersuchungen keine Schwebephase gesehen. Es wurde auf Grund der vorliegenden Untersuchungen eine Abhängigkeit der Trittweite von der Schwebedauer festgestellt und in einer linearen Regression mit der Gleichung $y = 4,74x + 187,78$ ausgedrückt. Diese bietet eine Erklärung für das SCHMALTZ'sche Ergebnis. Wird in der Gleichung die Schwebedauer (x) gleich 0, so ist die Trittweite (y) gleich 187,78 cm, vorausgesetzt, daß die gleichseitigen Beine sich in einer sagitalen Ebene bewegen und nicht aneinander vorbeigreifen. Somit ist durchaus denkbar, daß in einem Trab mit geringer Geschwindigkeit und kurzer Trittweite keine Schwebephase auftritt. Allerdings gibt SCHMALTZ keine Trittweiten an, so daß seine Befunde diesbezüglich nicht genauer untersucht werden können.

Die aufgestellte Regression ist für die Methodik der Bewegungsanalyse von großer Bedeutung. Für Untersuchungen des Trabes, wo für die Trittweiten mittlere Angaben genügen, macht es diese Regression möglich, allein aus der Schwebedauer Angaben für die Trittweite machen zu können. Dadurch erübrigt sich die zeitaufwendige Methode der projektiven Netze zur Ermittlung der Trittweiten.

Bei den vorliegenden Untersuchungen wurde ein Variationsbereich der Trabgeschwindigkeit von 229,0 bis 312,7 m/min (Tab. 14) gefunden. Diesen Werten liegt die Analyse zu Beginn des Trainings zugrunde. KRYNITZ (1911) hat bei 64 Kavalleriepferden eine ungefähr gleiche untere Grenze der Variationsbreite für die Trabgeschwindigkeit ermittelt. Die von ihm gefundene obere Grenze liegt gegenüber der aus den eigenen Un-

Tabelle 14: Zusammenstellung von Trabwerten verschiedener Untersucher. n Anzahl der untersuchten Pferde, V Geschwindigkeit, Tf Trittfrequenz, Tw Trittweite, BE Bewegungseinheit.

	n	V (m/min)	Tf (BE/min)	Tw (cm)
AHLVERS	197	- -	- -	240,0 - 454,0 $\bar{x} = 319,2$
KRYNITZ	64	226,2 - 373,1 $\bar{x} = 269,7$	- - $\bar{x} = 93,6$	229,0 - 340,0 $\bar{x} = 283,0$
Eig. Werte	7	229,0 - 312,7 $\bar{x} = 259,2$	83,3 - 102,9 $\bar{x} = 91,3$	257,6 - 307,8 $\bar{x} = 283,3$

tersuchungen aber weitaus höher. Diese hohe Grenze erklärt sich dadurch, daß KRYNITZ von seinen Tieren die Höchstgeschwindigkeit im Trab forderte. Die Mittelwerte unterscheiden sich um 4,5 m/min. Die von KRYNITZ untersuchten Kavalleriepferde scheinen aber keinen schnellen Trab gehabt zu haben, da die von mir untersuchten Hengste schon nach 23 Wochen Training eine mittlere Höchstgeschwindigkeit im Trab von 272,1 m/min hatten.

Die Trittfrequenz ist bei KRYNITZ im Mittel um 2,3 BE/min größer, als bei den eigenen Untersuchungen. Dieser Unterschied ist sehr klein.

Die Trittweite der untersuchten Hengste gleicht im Mittel derjenigen, die KRYNITZ feststellte. Der Mittelwert bei AHLVERS liegt jedoch wesentlich höher. Da AHLVERS aber im Gegensatz zu seinen Schrittwerten

für den Trab keine Angaben über die Geschwindigkeit macht, kann eine höhere Trabgeschwindigkeit als Grund seiner größeren Trittweiten nur vermutet werden.

Die Variationsbreite der Trittweiten ist bei AHLVERS und KRYNITZ größer als bei den eigenen Untersuchungen. KRYNITZ untersuchte seine Pferde unter Reiterbelastung, während die von mir geprüften Hengste an der Hand geführt wurden. Dieser Belastungsunterschied ließ die von KRYNITZ untersuchten Pferde keine längere Trittweite erreichen. AHLVERS gibt an, daß er die Trittweiten der 197 Hengste bei normalem Arbeitstempo erhalten hat. Dies scheint durch die obere Grenze der von ihm ermittelten Variationsbreite (454,0 cm) und durch den großen Mittelwert der Trittweite (319,2 cm) recht unwahrscheinlich. Auch diese Widersprüchlichkeit der Tempoangaben bestätigt die Eindeutigkeit der Höchstgeschwindigkeit als Grundlage der Untersuchung der Trainingswirkung auf den Trab, da sie nicht von willkürlicher Festsetzung des Bereiches oder der Definition abhängt, sondern die augenblickliche Leistungsgrenze eines jeden Pferdes im Trab darstellt.

Die von mir ermittelte Schwingdauer der Gliedmaßen liegt im Trab zwischen 59,4 und 66,6 % der BED, das heißt, daß die mittlere Geschwindigkeit der Gliedmaßen in der Schwingphase weniger als das Zweifache der mittleren Körpergeschwindigkeit beträgt. Im Vergleich zum Schritt, mit der dreifachen Geschwindigkeit der Gliedmaßen, ist der Trab in dieser Hinsicht offensichtlich ökonomischer.

Das Training ist nach LEHMANN (1961) ein wiederholtes Ausführen von Vorgängen mit dem Ziel der Leistungssteigerung. Die durch das Training bedingte Reaktion des Organismus ist als Anpassung an die geforderte Leistung in umfassendem Sinne zu verstehen. Gemäß der Verwendbarkeit der Pferde besteht das Training, das die hier untersuchten Hengste absolviert haben, hauptsächlich aus dem Üben von Bewegungen. Ziel dieses Trainings ist die Steigerung der Bewegungsleistung. Dabei wird in erster Linie Geschwindigkeitssteigerung gefordert, wie das auch die Prüfungsordnung der Hengstleistungsprüfung zeigt. Im Trainingsaufbau blei-

ben die beiden Faktoren Weite und Frequenz unberücksichtigt. Grundsätzlich muß also die Trainingswirkung als individuelle Anpassung an geforderte Geschwindigkeiten angesehen werden. Dies gilt uneingeschränkt für die Trabuntersuchungen. Im Schritt wurde es vermieden, aus den oben angegebenen Gründen die höchst mögliche Geschwindigkeit zu untersuchen, um den regelmäßigen Ablauf der Fußungskonstellationen nicht durch die Untersuchungsmethode zu beeinflussen.

Im Verlauf des Trainings wird die Schrittgeschwindigkeit erhöht. Ihre Variationsbreite nimmt mit zunehmendem Training stark ab. Ursache dieser Veränderung ist das fortwährende Üben einer bestimmten Schrittgeschwindigkeit. Diese Geschwindigkeit wird von den Trainern eher unbewußt gefordert. Die nervösen Automatismen (LEYHAUSEN 1957), die die Koordination der Bewegungen steuern, passen sich dieser Forderung in der Weise an, daß nach einiger Zeit des Übens diese Geschwindigkeit von den Tieren unaufgefordert erreicht wird, das heißt, daß diese bestimmte Schrittgeschwindigkeit von dem Steuerungssystem übernommen wird. Alle Hengste passen sich bei den durchgeführten Untersuchungen von sehr unterschiedlichen Ausgangspunkten aus sehr einheitlich an eine Schrittgeschwindigkeit von 105,1 m/min an. Dabei bestimmen die individuellen Konstitutionen wie diese Anpassung vollzogen wird. Schrittweite und -frequenz stellen diese Möglichkeiten dar. Im Rahmen der untersuchten Geschwindigkeitssteigerung passen sich die Tiere fast ausschließlich durch Frequenzerhöhung an. Nur die Hengste GL und DI erhöhen in begrenztem Umfang (11,2 u. 6,2 cm) auch die Schrittweite.

Die Koordinierung der Bewegungen der einzelnen Gliedmaßen untereinander erfährt im Schritt ebenfalls eine Veränderung mit zunehmendem Training. Dies äußert sich darin, daß die Dauer der einzelnen Fußungskonstellationen innerhalb der untersuchten Geschwindigkeitssteigerung sich gegenseitig ausgleichen. Die Tiere scheinen durch diesen Ausgleich das komplizierte Fußungsschema für die Schrittbewegung wirtschaftlicher zu nutzen. Durch das Training lernen die Tiere das Gleichgewicht während der statisch unsicheren sagitalen Zweibeinstützen länger zu halten. Die Dauer dieser Zweibeinstützen nimmt im Verlauf des Trainings bei

allen Hengsten auf Kosten der hinteren Dreibeinstützen zu.

Die Anpassung an die geforderte Höchstgeschwindigkeit im Trab geschieht hauptsächlich über die Trittweite und nur zum kleineren Teil über die Erhöhung der Trittfrequenz. Die mittlere Frequenzerhöhung von 90,1 auf 93,5 BE/min beträgt 3,8 %. Die Steigerung der Trittweite über den gleichen Ausbildungszeitraum beträgt dagegen 5,8 %. Wie die lineare Regression zwischen der Trittweite und der Schwebedauer zeigt, kann eine Vergrößerung der Trittweite über den Betrag der Regressionskonstanten (187,78) hinaus nur durch eine Verlängerung der Schwebephase erreicht werden. Voraussetzung dabei ist aber, daß die gleichseitigen Gliedmaßen sich in einer sagitalen Ebene bewegen und nicht aneinander vorbeigreifen. Diese Voraussetzung, die eine wesentliche Grundlage der linearen Regression darstellt, wird auch in der Zucht und dem Sport gefordert. Sie gilt nicht für den Trabrennsport. Um Trabgeschwindigkeiten von 600 m/min und mehr zu erreichen, müssen die Traber ihre Schwebephasen noch besser nützen. Das tun sie, indem ihre Hintergliedmaßen an den vorderen vorbeigreifen. Dadurch erreichen die Tiere eine größere Trittweite. Die Ursache der verlängerten Schwebephase liegt in der Veränderung der Koordination der einzelnen Muskelaktionen. Die kinetische Energie, die dem Körper von der Muskulatur mit Hilfe des Skelettes vermittelt wird, wirkt durch diese Veränderung offenbar nicht mehr nur in horizontaler Richtung, sondern erhält auch eine vertikale Komponente. Grundsätzlich gilt das auch für den Trab unter Reiterbelastung. Allerdings kommt hier noch erschwerend hinzu, daß das Reitergewicht eine neue statische Situation schafft und daß die Gewichtsbelastung durch den Reiter nur langsam durch die Leistungssteigerung der Muskulatur ausgeglichen werden kann. Dies sind die Gründe dafür, daß kein Pferd seine Trabgeschwindigkeit im Traberwagen auch unter Reiterbelastung erreicht.

Mit einem kleineren Teil ist auch die Frequenz an der Anpassung im Trab beteiligt. Sie spielt damit im Trab eine untergeordnete Rolle.

Die Untersuchung der Trainingswirkung auf die Schwingdauer der Gliedmaßen hat gezeigt, daß unabhängig von den Veränderungen der Frequenz und der Weite im Schritt und Trab der prozentuale Anteil der

Schwingdauer an der Bewegungseinheitsdauer im Verlauf des Trainings bei allen untersuchten Tieren zunimmt. Die hier angewandte Untersuchungsmethode läßt keinen Schluß darüber zu, wie die Bewegung der Gliedmaßen in dieser verlängerten Schwingdauer verändert wird. Dazu wäre es notwendig, die Lage der Drehpunkte und die Winkelstellungen der Gelenke der Gliedmaßen im Bewegungsablauf zu verfolgen. Dies muß weiteren Untersuchungen vorbehalten bleiben.

5. ZUSAMMENFASSUNG

Es wurden bei 8 hannoverschen Junghengsten mit Hilfe der Kinematographie der Bewegungsablauf im Schritt und im Trab, unbelastet und unter Reiterlast, analysiert und der Einfluß eines 45 Wochen dauernden Trainings auf diese Gangarten untersucht.

Die Auswertung der Filme wurde durch Bildzählung in zeitlicher Hinsicht und mit der Methode der projektiven Netze (MAENNICKE 1961) in räumlicher Hinsicht vorgenommen.

Für den Schritt wurde die Geschwindigkeit, die Schrittfrequenz, die Schrittweite, die Schwingdauer der Gliedmaßen und die Dauer der einzelnen Fußungskonstellationen bestimmt. Für die Fußungskonstellationen einer Bewegungseinheit wurde ein Schema aufgestellt. Entgegen anderer Autoren konnte zwischen dem Schema des unbelastet und dem unter Reiterlast gehenden Pferde kein Unterschied festgestellt werden.

Für den Trab wurden die Werte für die Geschwindigkeit, die Trittfrequenz, die Trittweite, die Schwingdauer der Gliedmaßen und die Schwebedauer ermittelt. Innerhalb des untersuchten Geschwindigkeitsbereiches besteht immer eine Schwebephase. Es wurde im Trab eine Abhängigkeit der Trittweite von der Schwebedauer festgestellt. Diese Abhängigkeit wurde in einer linearen Regression ausgedrückt.

Die Trainingswirkung auf den Bewegungsablauf im Schritt und im Trab ist durch den Vergleich der Werte vom Ausbildungsbeginn, nach 23 Wochen und nach 45 Wochen Training mit Hilfe des Vorzeichentestes untersucht worden. Die Schrittgeschwindigkeit paßt sich der steten Forderung der Trainer durch Geschwindigkeitssteigerung an. Diese Anpassung innerhalb des untersuchten Geschwindigkeitsbereiches geschieht fast ausschließlich durch Erhöhung der Schrittfrequenz. Die Dauer der einzelnen Fußungskonstellationen gleicht sich in der Weise an, daß die Dauer der Dreibeinstützen zu Gunsten der Dauer der Zweibeinstützen verkürzt werden. Die Zahlenwerte lassen in dem untersuchten Geschwindigkeitsbereich keine hervorgehobene Bedeutung einer der Fußungskonstellationen erkennen.

Die Geschwindigkeitssteigerung im Trab wird zum größeren Teil durch die Verlängerung der Trittweite und zum kleineren durch die Erhöhung der Trittfrequenz erreicht. Bedingung für die Trittweitenverlängerung ist die Vergrößerung der Schwebedauer. Für diese Beziehung wurde eine lineare Regression der Gleichung $y = 4,74x + 187,78$ errechnet.

6. LITERATURVERZEICHNIS

1. AHL, Reinhard: Analyse der Bewegungswechsel beim Russischen Windhund (Barsoi). Inaugural-Dissertation Gießen 1962
2. AHLVERS, Gustav: Die wirtschaftlichen Grundlagen des Zuchtzieles der Hannoverschen Warmblutzucht unter besonderer Berücksichtigung von Körperform, Gangvermögen und Fruchtbarkeit. Inaugural-Dissertation Göttingen 1955
3. ANSCHÜTZ, Ottomar: zit. nach LIESEGANG, P. Wissenschaftliche Kinematographie einschließlich der Reihenphotographie. Düsseldorf 1920
4. BANTOIU, P.: Messungen an Trabern und die Beurteilung der Leistungsfähigkeit auf Grund der mechanischen Verhältnisse. Berlin 1922
5. BORELLI, Giovanni Alphonso: De motu animalium. Pars prima. Rom 1685
6. BOURGELAT, Claude: Elémens de l'art vétérinaire Traité de la conformation extérieure du cheval. Paris 1766
7. BRANDENBURG, L.: Die Analyse der Bewegungsarten des Deutschen Schäferhundes. Inaugural-Dissertation Gießen 1957
8. DUSEK, J.; EHRLEIN, H. -J.; ENGELHARDT, W. von und HORNICKE, H.: Beziehungen zwischen Trittlänge, Trittfrequenz und Geschwindigkeit bei Pferden. Zeitschrift für Tierzucht
9. ELLENBERGER, Walter: zit. nach Schauder 1923
10. GENIESER, Dieter: Analyse der Bewegungswechsel beim Shetlandpony. Inaugural-Dissertation Gießen 1962
11. GORENIUC, A.: Das Schleswigsche Pferd, seine Zucht und die mechanischen Verhältnisse. Berlin 1924
12. GOUBEAUX und BARRIER: L'exterieur du cheval. Paris 1884
13. GÜNTHER, Friedrich und Karl: Die Beurteilungslehre des Pferdes bezüglich dessen Dienst-, Zucht- und Handelswerthes. Hannover 1859
14. GUTSCHE: Messungen an Trakehner Pferden. Berlin 1922

15. HOCHSTETTER, Conrad von: Theoretisch-praktisches Handbuch der Pferdekenntnis und Pferdewartung. Bern 1823
16. HORN, Valentin: Die Lokomotion des Hundes. Kynologischer Weltkongreß 1956
17. KELLER, K.: Kinematographische Analyse der Bewegungen des Pferdes. Verhandlungen der k. und k. zoologisch-botanischen Gesellschaft, Wien 1917
18. KOSUBEK, Heinrich Karl: Untersuchungen über die Bewegungsvorgänge des Russischen Windhundes (Barsoi). Inaugural-Dissertation Gießen 1962
19. KRONACHER, C. und OGRIZEK, A.: Exterieur und Leistungsfähigkeit des Pferdes mit besonderer Berücksichtigung der Gliedmaßenwinkelung und Schrittlängenverhältnisse. Zeitschrift für Züchtung, Reihe B Tierzüchtung und Züchtungsbiologie, Band 23, Berlin 1932
20. KRÜGER, Wilhelm: Die Fortbewegung des Pferdes. Anleitungen der deutschen Gesellschaft für Züchtungskunde Heft 43 Berlin 1939
21. KRÜGER, Wilhelm: Über die Schwingungen der Wirbelsäule - insbesondere der Wirbelbrücke - des Pferdes während der Bewegung. Berliner und Münchener Tierärztliche Wochenschrift Nr. 13 1939
22. KRÜGER, Wilhelm: Bewegungstypen. Handbuch der Zoologie, Band 8, 15. Lieferung, Berlin 1958
23. KRYNITZ, Walter: Betrachtungen über den Wert von Messungen am Pferd (Hippometrie) bei der Beurteilung der Leistungsfähigkeit der Gebrauchspferde. Berlin 1911
24. LARCHÈ, Wolf-Dietrich: Der Einfluß mechanischer und funktioneller Faktoren auf das Angehen des Hundes. Inaugural-Dissertation Gießen 1962
25. LEHMANN, Günther: Handbuch der Arbeitsphysiologie. Urban Schwarzenberg - Verlag 1961
26. LEYHAUSEN, Paul: zit. nach Lorenz Konrad und Leyhausen, Paul Antriebe tierischen und menschlichen Verhaltens. R. Piper Verlag München 1968
27. LIESEGANG, Paul: Wissenschaftliche Kinematographie einschließlich der Reihenphotographie. Düsseldorf 1920

28. MAENNICKE, Ernst Moritz: Untersuchungen über die Bewegungsvorgänge des Shetlandponies. Inaugural-Dissertation Gießen 1961
29. MAGERL, Heinrich: Beiträge zur Kenntnis des Körperbaus beim Pferd auf Grund von Leistungsprüfungen, unter besonderer Berücksichtigung der Gliedmaßenwinkelung. Inaugural-Dissertation Hannover 1911
30. MAREY, Étienne Jules: La machine animale. Locomotion Terrestre et aërienne. Paris 1874
31. MAREY, Étienne Jules: La chronophotographie, Paris 1879
32. MUYBRIDGE, Eduard: Animals in motion. London 1885
33. NICULESCU, J.: Messungen über die Mechanik des Hannoverschen Pferdes im Vergleich zum Vollblut und Traber. Berlin 1923
34. RADESCU, Th.: Biometrische Untersuchungen an Vollblutpferden im Vergleich mit Rennleistung. Berlin 1923
35. SACHS, Lothar: Statistische Auswertungsmethoden. Springer-Verlag Berlin - Heidelberg - New York 1968
36. SCHAUDER, W.: Historisch-kritische Studie über die Bewegungslehre des Pferdes. Tierärztliche Wochenschrift Jahrgang 39, Nr. 12, 1923
37. SCHMALTZ, R.: Die Analyse der Gangarten des Pferdes durch den Film. Tierärztliche Wochenschrift 38. Jahrgang, Nr. 46 1922
38. SEUNIG, Waldemar: Von der Koppel bis zur Kapriole. Zürich/Stuttgart 1967
39. STRATUL, J.: Biometrische Untersuchungen an Vollblutpferden mit Rückschlüssen auf Rennleistungen. Berlin 1922
40. WAGENER, Hermann: Untersuchungen an Spitzenpferden des Spring- und Schulstalles der Kavallerie-Schule Hannover. Arbeiten der Deutschen Gesellschaft für Züchtungskunde. Heft 65 Hannover 1934
41. WALTER, Karl: Der Bewegungsablauf an den freien Gliedmaßen des Pferdes im Schritt, Trab und Galopp. Inaugural-Dissertation 1925
42. WEBER, E. und W.: Mechanik der menschlichen Gehwerkzeuge. Göttingen 1836

Herrn Prof. Dr. Dr. h. c. V. Horn danke ich freundlichst, daß ich am Veterinärphysiologischen Institut arbeiten durfte, und daß er die Durchführung der Arbeit wohlwollend unterstützt hat.

Für wertvolle Hinweise und die stets gewährte Unterstützung danke ich Herrn Dr. H. H. Heitmann ganz besonders.

Mein Dank gilt auch Herrn Dr. H. Rufeger für hilfsbereite Beratung.

Herr H. Becker und Herr H. Maurer haben in dankenswerter Weise die Geräte zur Filmauswertung konstruiert und gebaut.

Lebenslauf

Am 4. April 1942 wurde ich als Sohn des Musikerzeihers Hermann F. Schwarz und seiner Ehefrau Elisabeth geb. Brezger in Stuttgart geboren. Nach 3 1/2 jährigem Besuch der Volksschule in Höfingen/Württ. wechselte ich 1952 in den naturwissenschaftlich-mathematischen Zug des Gymnasiums Korntal über. Dort bestand ich 1962 das Abitur.

Mit dem Sommersemester 1962 begann ich das Studium der Tiermedizin an der Justus-Liebig-Universität in Gießen. 1964 legte ich dort die Tierärztliche Vorprüfung ab. Seit 1966 bin ich verheiratet. Die Tierärztliche Prüfung bestand ich 1967.

Nach der Praktikantenzeit bei Dr. D. Rossow in Marne/Holst. und bei Dr. S. Bühler in Wallhausen/Württ. wurde mir am 1.7.1968 die Approbation als Tierarzt erteilt.

Seither bin ich als Assistent und Vertreter in der tierärztlichen Praxis tätig.

